

EXPRESS MAIL NO. EL 576 622 352 US

DATE OF DEPOSIT 6/2/00

Our Case No. 9281/3660  
Client Reference No. N US99090

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of: )  
Naoya Hasegawa )  
Serial No. To Be Assigned )  
Filing Date: Herewith )  
For SPIN-VALVE TYPE )  
MAGNETORESISTIVE SENSOR )  
AND METHOD OF )  
MANUFACTURING THE SAME )

Jc511 U.S. PTO  
09/586624  
06/02/00

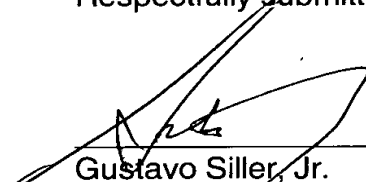
**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT**

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of priority document Japanese Patent  
Application No. 11-157132, filed June 3, 1999 for the above-named U.S. application.

Respectfully submitted,

  
\_\_\_\_\_  
Gustavo Siller, Jr.  
Registration No. 32,305  
Attorney for Applicant

BRINKS HOFER GILSON & LIONE  
P.O. BOX 10395  
CHICAGO, ILLINOIS 60610  
(312) 321-4200

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 6 月 3 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年特許願第 1 5 7 1 3 2 号

出 願 人

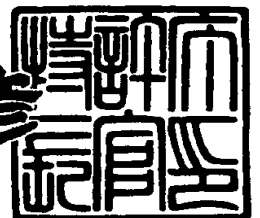
Applicant (s):

アルプス電気株式会社

2 0 0 0 年 4 月 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特 2 0 0 0 - 3 0 2 5 5 1 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 J74864A1

【提出日】 平成11年 6月 3日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明の名称】 スピンバルブ型薄膜磁気素子及び薄膜磁気ヘッド及びス  
ピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法

【請求項の数】 14

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式  
会社内

【氏名】 長谷川 直也

【特許出願人】

【識別番号】 000010098

【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100106493

【弁理士】

【氏名又は名称】 松富 豊

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【弁理士】

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100100077

【弁理士】

【氏名又は名称】 大場 充

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704956

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 スピンバルブ型薄膜磁気素子及び薄膜磁気ヘッド及びスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 反強磁性層と、前記反強磁性層と接して形成され、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層の上に非磁性導電層を介して形成されたフリー磁性層と、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えるバイアス層と、前記フリー磁性層に検出電流を与える導電層とを有するスピンバルブ型薄膜磁気素子であり、

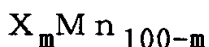
前記フリー磁性層は、前記固定磁性層の配置されている方向と反対側の面にトラック幅に相当する幅のトラック溝が設けられた溝部と、その両側の平坦部とを有し、

前記バイアス層は、前記フリー磁性層の両平坦部上に配置されたことを特徴とするスピンバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 2】 前記反強磁性層および前記バイアス層は、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnを含む合金からなることを特徴とする請求項 1 記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 3】 前記固定磁性層と前記フリー磁性層の少なくとも一方が、非磁性中間層を介して2つに分断され、分断された層どうしで磁化の向きが180度異なるフェリ磁性状態とされたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子。

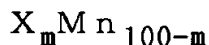
【請求項 4】 前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子。



但し、Xは、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示すmは、48原子% ≤ m ≤ 60原子%である。

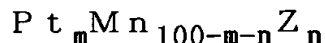
【請求項 5】 前記バイアス層は、下記の組成式からなる合金であることを

特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。



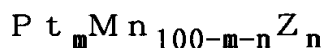
但し、X は、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os のうちの少なくとも 1 種以上の元素であり、組成比を示す m は、 $52 \text{ 原子}\% \leq m \leq 60 \text{ 原子}\%$  である。

【請求項 6】 前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。



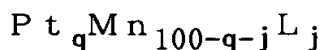
但し、Z は、Pd、Rh、Ru、Ir、Os のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素であり、組成比を示す m、n は、 $48 \text{ 原子}\% \leq m+n \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$  である。

【請求項 7】 前記バイアス層は、下記の組成式からなる合金であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。



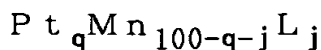
但し、Z は、Pd、Rh、Ru、Ir、Os のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素であり、組成比を示す m、n は、 $52 \text{ 原子}\% \leq m+n \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$  である。

【請求項 8】 前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。



但し、L は、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素であり、組成比を示す q、j は、 $48 \text{ 原子}\% \leq q+j \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$  である。

【請求項 9】 前記バイアス層は、下記の組成式からなる合金であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。



但し、L は、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素であり、組成比を示す q、j は、 $52 \text{ 原子}\% \leq q+j \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$  である。

【請求項 10】 基板上に、反強磁性層と、固定磁性層と、非磁性導電層と

、フリー磁性層と、バイアス層とを順次積層して積層体を形成する工程と、

前記積層体にトラック幅方向と直交する方向である第 1 の磁界を印加しつつ、第 1 の熱処理温度で熱処理し、前記反強磁性層およびバイアス層に交換異方性磁界を発生させて、前記固定磁性層および前記フリー磁性層の磁化を同一方向に固定すると共に、前記反強磁性層の交換異方性磁界を前記バイアス層の交換異方性磁界よりも大とする工程と、

トラック幅方向に前記バイアス層の交換異方性磁界よりも大きく前記反強磁性層の交換異方性磁界よりも小さい第 2 の磁界を印加しつつ、前記第 1 の熱処理温度よりも高い第 2 の熱処理温度で熱処理し、前記フリー磁性層に前記固定磁性層の磁化方向と交差する方向のバイアス磁界を付与する工程と、

前記バイアス層の一部を除去してトラック幅に近い幅の凹部を形成するとともに、この凹部の下に位置する前記フリー磁性層にトラック幅に相当する幅のトラック溝を形成する工程と、

前記バイアス層上に、前記フリー磁性層に検出電流を与える導電層を形成する工程とを有することを特徴とするスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項 1 1】 前記反強磁性層および前記バイアス層に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と、Mnとを含む合金を用いることを特徴とする請求項 1 0 記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項 1 2】 前記第 1 の熱処理温度は、220℃～240℃の範囲であることを特徴とする請求項 1 0 ないし請求項 1 1 記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項 1 3】 前記第 2 の熱処理温度は、250℃～270℃の範囲であることを特徴とする請求項 1 0 ないし請求項 1 2 記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項 1 4】 スライダに請求項 1 ないし請求項 9 記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子が備えられてなることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】



## 【発明の属する技術分野】

本発明は、固定磁性層の固定磁化の方向と外部磁界の影響を受けるフリー磁性層の磁化の方向との関係で、電気抵抗が変化するスピバルブ型薄膜磁気素子に関し、特に、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子及びこのスピバルブ型薄膜磁気素子を備えた薄膜磁気ヘッド及びフリー磁性層の磁化方向と固定磁性層の磁化方向とを容易に直交させることができるスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

磁気抵抗効果型の磁気ヘッドには、磁気抵抗効果を示す素子を備えたAMR（Anisotropic Magnetoresistive）ヘッドと、巨大磁気抵抗効果を示す素子を備えたGMR（Giant Magnetoresistive）ヘッドとがある。AMRヘッドにおいては、磁気抵抗効果を示す素子が磁性体からなる単層構造とされている。一方、GMRヘッドにおいては、素子が複数の材料が積層されてなる多層構造とされている。巨大磁気抵抗効果を生み出す構造にはいくつかの種類があるが、比較的構造が単純で、微弱な外部磁界に対して抵抗変化率が高いものとしてスピバルブ型薄膜磁気素子がある。

## 【0003】

図12および図13は、従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の一例を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図である。

これらの例のスピバルブ型薄膜磁気素子の上下には、ギャップ層を介してシールド層が形成されており、前記スピバルブ型薄膜磁気素子、ギャップ層、及びシールド層で、再生用のGMRヘッドが構成されている。なお、前記再生用のGMRヘッドの上に、記録用のインダクティブヘッドが積層されていてもよい。

このGMRヘッドは、インダクティブヘッドと共に浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられて薄膜磁気ヘッドを構成し、ハードディスク等の磁気記録媒体の記録磁界を検出するものである。

なお、図12および図13において、磁気記録媒体の移動方向は、図示Z方向であり、磁気記録媒体からの漏れ磁界の方向は、Y方向である。

## 【0004】

図12に示すスピバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層が一層ずつ形成された、いわゆるボトム型のシングルスピンバルブ型薄膜磁気素子である。

図12に示すスピバルブ型薄膜磁気素子は、下から下地層31、反強磁性層22、固定磁性層23、非磁性導電層24、フリー磁性層25および保護層32で構成された多層膜33と、この多層膜33の両側に形成された一対のハードバイアス層（永久磁石層）29、29、ハードバイアス層29、29上に形成された一対の電極層28、28とで構成されている。

なお、下地層31および保護層32は、Ta膜などで形成されている。また、多層膜9の上面の幅寸法によってトラック幅Twが決定される。

## 【0005】

一般的に、前記反強磁性層22には、Fe-Mn合金膜やNi-Mn合金膜が、固定磁性層23およびフリー磁性層25には、Ni-Fe合金膜が、非磁性導電層24には、Cu膜が、ハードバイアス層29、29には、Co-Pt合金膜が、電極層28、28には、Cr膜やW膜が使用される。

## 【0006】

図12に示すように、固定磁性層23の磁化は、反強磁性層22との交換異方正磁界により、Y方向（記録媒体からの漏れ磁界方向：ハイト方向）に単磁区化され、フリー磁性層25の磁化は、前記ハードバイアス層29、29からのバイアス磁界の影響を受けてX1方向と反対方向に揃えられる。

すなわち、固定磁性層23の磁化とフリー磁性層25の磁化とが直交するように設定されている。

## 【0007】

このスピバルブ型薄膜素子では、ハードバイアス層29、29上に形成された電極層28、28から、固定磁性層23、非磁性導電層24およびフリー磁性層25に検出電流（センス電流）が与えられる。ハードディスクなどの記録媒体の走行方向は、Z方向である。記録媒体からの漏れ磁界方向がY方向に与えられると、フリー磁性層25の磁化がX1方向と反対方向からY方向に向けて変化する。

る。このフリー磁性層 2 5 内での磁化方向の変動と、固定磁性層 2 3 の固定磁化方向との関係で、電気抵抗が変化（これを磁気抵抗効果という）し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの漏れ磁界が検出される。

【0 0 0 8】

また、図 1 3 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層が一層ずつ形成された、いわゆるボトム型のシングルスピバルブ型薄膜磁気素子である。

【0 0 0 9】

図 1 3 において、符号 K は基板を示している。この基板 K の上には、反強磁性層 2 2 が形成されている。さらに、前記反強磁性層 2 2 の上には、固定磁性層 2 3 が形成され、この固定磁性層 2 3 の上には、非磁性導電層 2 4 が形成され、さらに、前記非磁性導電層 2 4 の上には、フリー磁性層 2 5 が形成されている。

また、前記フリー磁性層 2 5 の上には、バイアス層 2 6、2 6 がトラック幅 T w と同じ間隔を開けて設けられ、前記バイアス層 2 6、2 6 の上には、導電層 2 8、2 8 が設けられている。

【0 0 1 0】

前記固定磁性層 2 3 は、例えば、C o 膜、N i F e 合金、C o N i F e 合金、C o F e 合金などにより形成されている。

また、前記反強磁性層 2 2 は、N i M n により形成されている。

前記バイアス層 2 6、2 6 は、面心立方晶で不規則結晶構造の F e M n 合金などの反強磁性材料により形成されている。

【0 0 1 1】

図 1 3 に示す固定磁性層 2 3 は、前記反強磁性層 2 2 との界面にて発生する交換結合による交換異方性磁界により磁化されている。そして、前記固定磁性層 2 3 の磁化方向は、図示 Y 方向、すなわち記録媒体から離れる方向（ハイト方向）に固定されている。

【0 0 1 2】

また、前記フリー磁性層 2 5 は、前記バイアス層 2 6 の交換異方性磁界によって磁化されて単磁区化されている。そして、前記フリー磁性層 2 5 の磁化方向は

、図示 X 1 方向と反対方向、すなわち固定磁性層 2 3 の磁化方向と交差する方向に揃えられている。

前記フリー磁性層 2 3 が、前記バイアス層 2 6 の交換異方性磁界により単磁区化されることによって、バルクハウゼンノイズの発生が防止される。

#### 【0013】

このスピバルブ型薄膜磁気素子においては、導電層 2 8 からフリー磁性層 2 5、非磁性導電層 2 4、固定磁性層 2 3 に定常電流が与えられ、Z 方向に走行する磁気記録媒体からの漏れ磁界が図示 Y 方向に沿って与えられると、フリー磁性層 2 5 の磁化方向が、図示 X 1 方向と反対方向から Y 方向に向けて変動する。このフリー磁性層 2 5 内での磁化方向の変動と固定磁性層 2 3 の磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この抵抗変化に基づく電圧変化により磁気記録媒体からの漏れ磁界が検出される。

#### 【0014】

図 1 3 のようなスピバルブ型薄膜磁気素子は、図 1 4 に示すように、反強磁性層 2 2 からフリー磁性層 2 5 までの各層を形成し、磁場中で熱処理（アニール）を施すことにより、固定磁性層 2 3 と反強磁性層 2 2 との界面にて交換異方性磁界を発生させて、固定磁性層 2 3 の磁化方向を図示 Y 方向に固定したのち、図 1 5 に示すように、ほぼトラック幅に相当するリフトオフレジスト 3 5 1 を形成する。ついで、図 1 6 に示すように、リフトオフレジスト 3 5 1 に覆われていないフリー磁性層 2 5 の表面に、バイアス層 2 6 および導電層 2 8 を形成し、前記リフトオフレジスト 3 5 1 を除去したのち、フリー磁性層 2 5 の磁化方向をトラック幅方向に揃えることにより、図 1 3 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子が製造される。

#### 【0015】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図 1 2 に示す従来のスピバルブ型薄膜磁気素子では、以下のような問題が発生する。

固定磁性層 2 3 の磁化は、上述したように、図示 Y 方向に単磁区化されて固定されているが、前記固定磁性層 2 3 の両側には、X 1 方向と反対方向に磁化され

ているハードバイアス層 2 9、2 9 が設けられている。そのために、とくに、固定磁性層 2 3 の両側の磁化が、前記ハードバイアス層 2 9、2 9 からのバイアス磁界の影響を受け、図示 Y 方向に固定されなくなっている。

## 【0 0 1 6】

すなわち、前記ハードバイアス層 2 9、2 9 の X 1 方向と反対方向の磁化を受けて、X 1 方向と反対方向に単磁区化されているフリー磁性層 2 5 の磁化と、固定磁性層 2 3 の磁化とは、とくに多層膜 3 3 の側端部付近では、直交関係にない。フリー磁性層 2 5 の磁化と、固定磁性層 2 3 の磁化とを直交関係にしておく理由は、フリー磁性層 2 5 の磁化が小さな外部磁界でも容易に変動可能で、電気抵抗を大きく変化させることができ、再生感度を向上させることができるからである。さらに、前記直交関係にあると、良好な対称性を有する出力波形を得ることが可能になるためである。

## 【0 0 1 7】

しかも、フリー磁性層 2 5 のうち、その側端部付近における磁化は、ハードバイアス層 2 9、2 9 からの強い磁化の影響を受けるため固定されやすく、外部磁界に対して磁化が変動しにくくなっており、図 1 2 に示すように、多層膜 3 3 の側端部付近には、再生感度の悪い不感領域が形成される。

## 【0 0 1 8】

多層膜 3 3 のうち、不感領域を除いた中央部分の領域が、実質的に記録媒体の再生に寄与し、磁気抵抗効果を発揮する感度領域であり、この感度領域の幅は、多層膜 3 3 の形成時に設定されたトラック幅  $T_w$  よりも不感領域の幅寸法分だけ短くなっており、不感領域のばらつきのために正確なトラック幅  $T_w$  を画定することが困難となっている。そのため、トラック幅  $T_w$  を狭くして高記録密度化対応することが難しくなるという問題がある。

## 【0 0 1 9】

また、図 1 3 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性材料からなるバイアス層 2 6 を用いたエクスチェンジバイアス方式により、フリー磁性層 2 5 の磁化方向を固定磁性層 2 3 の磁化方向に対して交差する方向に揃えるものである。

前記エクステンジバイアス方式は、不感領域があるため実効トラック幅  $T_w$  の制御が困難であるハードバイアス方式と比較して、トラック幅  $T_w$  の狭い高密度記録に対応するスピバルブ型薄膜磁気素子に適した方式である。

【0020】

しかしながら、図 13 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子においては、反強磁性層 22 が  $Ni-Mn$  合金で形成されているため、耐食性に問題があった。また、反強磁性層 22 に  $Ni-Mn$  合金または  $Fe-Mn$  合金を用いたスピバルブ型薄膜磁気素子では、薄膜磁気ヘッドの製造工程でさらされるトリポリリン酸ソーダなどを含んだ弱アルカリ性溶液や乳化剤などにより腐食して、交換異方性磁界が小さくなってしまふなどの問題がある。

【0021】

また、反強磁性層 22 が  $Ni-Mn$  合金で形成されていることにより、バイアス層 26、26 に使用する反強磁性材料に制約があり、その結果、バイアス層 26、26 の耐熱性、耐食性が悪いという不都合があった。すなわち、耐熱性の高いバイアス層 26、26 を形成するためには、 $Ni-Mn$  合金からなる反強磁性層 22 と固定磁性層 23 の界面に、図示 Y 方向に作用する交換異方性磁界に対し、交差する方向に磁場中で熱処理を施すことにより、バイアス層 26、26 とフリー磁性層 25 の界面に、X1 方向と反対方向に交換異方性磁界を発生可能な  $Ni-Mn$  合金などの反強磁性材料を選択しなければならない。

【0022】

しかし、前記磁場中で熱処理を施した際に、反強磁性層 22 と固定磁性層 23 の界面に作用する交換異方性磁界が Y 方向から X1 方向と反対方向に傾き、固定磁性層 23 の磁化方向とフリー磁性層 25 の磁化方向が非直交となってしまう、出力信号波形の対称性が得られなくなってしまう問題があった。

そこで、バイアス層 26、26 には、磁場中加熱処理を必要とせず、磁場中で成膜直後に交換異方性磁界を発生する反強磁性材料を選択する必要がある。

このような理由により、バイアス層 26、26 は、一般的に、面心立方晶で不規則結晶構造を有する  $FeMn$  合金により形成されている。

【0023】

しかしながら、磁気記録装置などに装着した場合には、装置内の温度上昇または検出電流により発生するジュール熱の発生により、素子部の温度が高温となるため、交換異方性磁界が低下し、フリー磁性層 2 5 を単磁区化することが困難となり、結果として、バルクハウゼンノイズを発生してしまう問題があった。

また、Fe-Mn合金は、Ni-Mn合金以上に耐食性が悪く、薄膜磁気ヘッドの製造工程でさらされるトリポリ燐酸ソーダなどを含んだ弱アルカリ性溶液や乳化剤などにより腐食して、交換異方性磁界が小さくなってしまふなどの問題があるのみならず、磁気記録装置内においても腐食が進行して耐久性に劣るという問題がある。

#### 【0024】

また、図14～図16に示す従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、図15に示すリフトオフレジスト351を形成する工程で、前記基板と前記バイアス層との間に形成される最上層の表面が大気に触れてしまい、大気に触れた表面をArなどの希ガスによりイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングしてからその上の層を形成する必要がある。このため、製造工程が増大する問題がある。さらに、前記最上層の表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングする必要があるため、再付着物によるコンタミや、表面の結晶状態の乱れによる交換異方性磁界の発生に対する悪影響など、クリーニングすることに起因する不都合が生じてしまう。

#### 【0025】

また、上述した従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、トラック幅Twをリフトオフレジスト351の両側のバイアス層26、26および電極層28、28で画定しているため、リフトオフレジスト351の基端部の寸法のばらつきによりトラック幅Twがばらつく問題があった。

#### 【0026】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、スピバルブ型薄膜磁気素子を製造する場合に、フリー磁性層の溝部の両側の平坦部上に配置されるバイアス層が、前記溝部に残ることがなく、トラック幅を精度よく画定でき、高記録密度化に対応できるスピバルブ型薄膜磁気素子を提供することを課

題としている。

また、反強磁性層やバイアス層の材質を改良することにより、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子を提供することを課題としている。

また、フリー磁性層の磁化方向と固定磁性層の磁化方向とを容易に直交させることができる前記スピバルブ型薄膜磁気素子の構造と製造方法を提供することを課題としている。

さらにまた、前記スピバルブ型薄膜磁気素子を備え、耐久性および耐熱性に優れ、十分な交換異方性磁界が得られる薄膜磁気ヘッドを提供することを課題としている。

#### 【 0 0 2 7 】

##### 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。

本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層と、前記反強磁性層と接して形成され、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層の上に非磁性導電層を介して形成されたフリー磁性層と、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えるバイアス層と、前記フリー磁性層に検出電流を与える導電層とを有するスピバルブ型薄膜磁気素子であり、前記フリー磁性層は、前記固定磁性層の配置されている方向と反対側の面にトラック幅に相当する幅のトラック溝が設けられた溝部と、その両側の平坦部とを有し、前記バイアス層は、前記フリー磁性層の両平坦部上に配置されたことを特徴とするものである。

#### 【 0 0 2 8 】

このようなスピバルブ型薄膜磁気素子では、前記フリー磁性層は、前記固定磁性層の配置されている方向と反対側の面にトラック幅に相当する幅のトラック溝が設けられた溝部を有しているので、前記溝部の幅に応じてトラック幅を正確に決めることができる。

また、このスピバルブ型薄膜磁気素子を製造する場合に、フリー磁性層の溝部の両側の平坦部上に配置されるバイアス層が、前記溝部に残ることがなく、磁気記録媒体からの微弱な漏れ磁界に対してフリー磁性層の磁気モーメントがスム



ーズに回転する感度の優れたスピバルブ型薄膜磁気素子を提供することができる。

【0029】

また、前記反強磁性層および前記バイアス層は、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnとを含む合金からなることが望ましい。

このようなスピバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層およびバイアス層が、上記の合金からなるものであるので、交換異方性磁界の温度特性が良好となり、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子を提供することが可能となる。

また、ハードディスクなどの装置内の環境温度や素子を流れるセンス電流によるジュール熱により素子が高温となるハードディスク装置に備えられた場合の耐久性が良好で、温度変化による交換異方性磁界（交換結合磁界）の変動が少ない優れたスピバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。

さらにまた、反強磁性層を上記の合金で形成することで、ブロッキング温度が高いものとなり、反強磁性層に大きな交換異方性磁界を発生させることができるため、固定磁性層の磁化方向を強固に固定することができる。

【0030】

また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、前記固定磁性層と前記フリー磁性層の少なくとも一方が、非磁性中間層を介して2つに分断され、分断された強磁性層どうしで磁化の向きが180度異なるフェリ磁性状態とされたことを特徴とするものとしてもよい。

【0031】

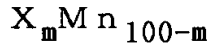
少なくとも固定磁性層が非磁性中間層を介して2つに分断されたスピバルブ型薄膜磁気素子とした場合、2つに分断された固定磁性層のうち一方が他方の固定磁性層を適正な方向に固定する役割を担い、固定磁性層の状態を非常に安定した状態に保つことが可能となる。

一方、少なくともフリー磁性層が非磁性中間層を介して2つに分断されスピバルブ型薄膜磁気素子とした場合、2つに分断されたフリー磁性層どうしの間に交換結合磁界が発生し、フェリ磁性状態とされ、外部磁界に対して感度よく反転

できるものとなる。

【0032】

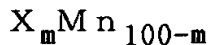
また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であることが望ましい。



但し、Xは、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示すmは、 $48\text{原子}\% \leq m \leq 60\text{原子}\%$ である。

【0033】

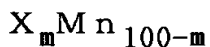
また、前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であることが好ましい。



但し、Xは、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示すmは、 $48\text{原子}\% \leq m \leq 58\text{原子}\%$ である。

【0034】

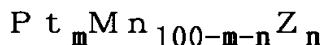
さらに、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、前記バイアス層は、下記の組成式からなる合金であることが望ましい。



但し、Xは、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示すmは、 $52\text{原子}\% \leq m \leq 60\text{原子}\%$ である。

【0035】

また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であってもよい。



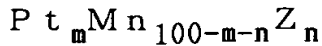
但し、Zは、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すm、nは、 $48\text{原子}\% \leq m+n \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ である。

より好ましい組成比は、 $48\text{原子}\% \leq m+n \leq 58\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ である。

【0036】

さらにまた、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、前記バイアス層

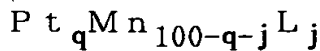
は、下記の組成式からなる合金であってもよい。



但し、Zは、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すm、nは、 $52\text{原子}\% \leq m+n \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ である。

【0037】

また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であってもよい。

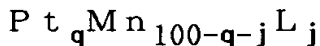


但し、Lは、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すq、jは、 $48\text{原子}\% \leq q+j \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ である。

より好ましくは組成比を示すq、jは、 $48\text{原子}\% \leq q+j \leq 53\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ である。

【0038】

また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、前記バイアス層は、下記の組成式からなる合金であってもよい。

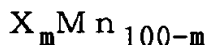


但し、Lは、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すq、jは、 $52\text{原子}\% \leq q+j \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ である。

【0039】

とくに、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、反強磁性層とバイアス層とを構成する合金の組成を同一とする場合には、次の①～③の組み合わせが好ましい。

①すなわち、反強磁性層およびバイアス層を構成する合金の組成比が以下の場合であることが好ましい。



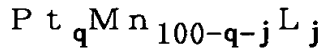
但し、Xは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以

上の元素であり、組成比を示す  $m$  は、 $52 \text{ 原子}\% \leq m \leq 58 \text{ 原子}\%$  である。

また、上記の反強磁性層およびバイアス層の組成比を示す  $m$  が、 $52 \text{ 原子}\% \leq m \leq 56.5 \text{ 原子}\%$  であることがより好ましい。

【0040】

②また、反強磁性層およびバイアス層を構成する合金の組成比が以下の場合であることが好ましい。

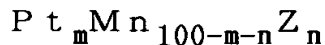


但し、 $L$  は、 $\text{Au}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Ne}$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{Xe}$ 、 $\text{Kr}$  のうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示す  $q$ 、 $j$  は、 $52 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 58 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$  である。

また、上記の反強磁性層およびバイアス層の組成比を示す  $q$ 、 $j$  が、 $52 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 56.5 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$  であることがより好ましい。

【0041】

③また、反強磁性層およびバイアス層を構成する合金の組成比が以下の場合であることが好ましい。



但し、 $Z$  は、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Ir}$ 、 $\text{Os}$  のうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示す  $m$ 、 $n$  は、 $52 \text{ 原子}\% \leq m + n \leq 58 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$  である。

また、上記の反強磁性層およびバイアス層の組成比を示す  $m$ 、 $n$  が、 $52 \text{ 原子}\% \leq m + n \leq 56.5 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$  であることが好ましい。

【0042】

また、反強磁性層とバイアス層を構成する合金の組成を異ならしめる場合には、次の④～⑥の組み合わせが好ましい。

④すなわち、バイアス層が、組成式  $\text{X}_m \text{Mn}_{100-m}$  で表され、 $X$  が、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Ir}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Os}$  のうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示す  $m$  が、 $52 \text{ 原子}\% \leq m \leq 60 \text{ 原子}\%$  の合金であると共に、

反強磁性層が、組成式  $X_m Mn_{100-m}$  で表され、X が、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうちの少なくとも 1 種以上の元素であり、組成比を示す m が、 $48 \text{ 原子}\% \leq m \leq 58 \text{ 原子}\%$  の合金であることが好ましい。

また、反強磁性層の組成比を示す m が、 $52 \text{ 原子}\% \leq m \leq 55.2 \text{ 原子}\%$  または  $56.5 \text{ 原子}\% \leq m \leq 60 \text{ 原子}\%$  であることがより好ましい。

【0043】

⑤また、バイアス層が、組成式  $Pt_q Mn_{100-q-j} L_j$  で表され、L が、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素であり、組成比を示す q、j が、 $52 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$  の合金であるとともに、

反強磁性層が、組成式  $Pt_q Mn_{100-q-j} L_j$  で表され、L が、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素であり、組成比を示す q、j が、 $48 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 58 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$  の合金であることが好ましい。

また、反強磁性層の組成比を示す q、j が、 $52 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 55.2 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$  または  $56.5 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$  であることがより好ましい。

【0044】

⑥また、バイアス層が、組成式  $Pt_m Mn_{100-m-n} Z_n$  で表され、Z が、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素であり、組成比を示す m、n が、 $52 \text{ 原子}\% \leq m + n \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$  の合金であるとともに、

反強磁性層が、組成式  $Pt_m Mn_{100-m-n} Z_n$  で表され、Z が、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素であり、組成比を示す m、n が、 $48 \text{ 原子}\% \leq m + n \leq 58 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$  の合金であることが好ましい。

また、反強磁性層の組成比を示す m、n が、 $52 \text{ 原子}\% \leq m + n \leq 55.2 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$  または  $56.5 \text{ 原子}\% \leq m + n \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$  であることがより好ましい。

## 【 0 0 4 5 】

さらに、前記課題は、基板上に、反強磁性層と、固定磁性層と、非磁性導電層と、フリー磁性層と、バイアス層とを順次積層して積層体を形成する工程と、前記積層体にトラック幅方向と直交する方向である第 1 の磁界を印加しつつ、第 1 の熱処理温度で熱処理し、前記反強磁性層およびバイアス層に交換異方性磁界を発生させて、前記固定磁性層および前記フリー磁性層の磁化を同一方向に固定すると共に、前記反強磁性層の交換異方性磁界を前記バイアス層の交換異方性磁界よりも大とする工程と、トラック幅方向に前記バイアス層の交換異方性磁界よりも大きく前記反強磁性層の交換異方性磁界よりも小さい第 2 の磁界を印加しつつ、前記第 1 の熱処理温度よりも高い第 2 の熱処理温度で熱処理し、前記フリー磁性層に前記固定磁性層の磁化方向と交差する方向のバイアス磁界を付与する工程と、前記バイアス層の一部を除去してトラック幅に近い幅の凹部を形成するとともに、この凹部の下に位置する前記フリー磁性層にトラック幅に相当する幅のトラック溝を形成する工程と、前記バイアス層上に、検出電流を与えるための導電層を形成する工程とを有することを特徴とするスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によって解決できる。

## 【 0 0 4 6 】

上記のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、前記反強磁性層および前記バイアス層に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と、Mnとを含む合金を用いることが好ましい。

また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、前記第 1 の熱処理温度は、220℃～240℃の範囲であることが好ましい。

さらにまた、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、前記第 2 の熱処理熱度は、250℃～270℃の範囲であることが好ましい。

## 【 0 0 4 7 】

図 1 7 は、ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子とトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子における反強磁性層の熱処理温度と交換異方性磁界との関係を示したグラフである。

図 1 7 から明らかなように、反強磁性層と基板との距離が近い（または、固定磁性層の下に反強磁性層が配置された）ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層（■印）の交換異方性磁界は、200℃で既に発現し、240℃付近で600（Oe）を越えている。一方、反強磁性層と基板との距離がボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子よりも遠い（または、固定磁性層の上に反強磁性層が配置された）トップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層（◆印）の交換異方性磁界は、240℃付近で発現し、約260℃付近においてようやく600（Oe）を越えている。

## 【0048】

このように、反強磁性層と基板との距離が近い（または、固定磁性層の下に反強磁性層が配置された）ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層は、反強磁性層と基板との距離がボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子よりも遠い（または、固定磁性層の上に反強磁性層が配置された）トップ型スピバルブ型薄膜磁気素子と比較して、比較的低い熱処理温度で高い交換異方性磁界が得られることがわかる。

## 【0049】

本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層と基板との距離が近いボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子であり、前記反強磁性層に使用される材質と同様の材質によって形成されたバイアス層が反強磁性層よりも基板から遠い位置に配置されている。

また、反強磁性層と基板との距離が近いボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子は、固定磁性層の下に反強磁性層が配置され、反強磁性層と基板との距離がボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子よりも遠いトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子は、固定磁性層の上に反強磁性層が配置されている。

## 【0050】

したがって、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法において、例えば、第1の磁界を印加しつつ、第1の熱処理温度（220～240℃）で前記の積層体を熱処理すると、反強磁性層およびバイアス層に交換異方性磁界が生じ、固定磁性層とフリー磁性層の磁化方向を同一方向に固定される。また、反強磁性

層の交換異方性磁界は 6 0 0 (O e) 以上となり、バイアス層の交換異方性磁界は 1 0 0 (O e) 以下となり、反強磁性層の交換異方性磁界が大きくなる。

次に、第 1 の磁界と直交する方向の第 2 の磁界を印加しつつ、第 2 の熱処理温度 (2 5 0 ~ 2 7 0 °C) で前記の積層体を熱処理すると、バイアス層の交換異方性磁界が 6 0 0 (O e) 以上となり、先の熱処理にて発生したバイアス層の交換異方性磁界よりも大きくなる。したがって、フリー磁性層の磁化方向は、第 1 の磁界に対して交差する方向となる。

#### 【 0 0 5 1 】

このとき、第 2 の磁界を先の熱処理にて発生した反強磁性層の交換異方性磁界よりも小さくしておけば、反強磁性層に第 2 の磁界が印加されても、反強磁性層の交換異方性磁界が劣化することがなく、固定磁性層の磁化方向を固定したままにすることが可能になる。

このことにより、固定磁性層の磁化方向とフリー磁性層の磁化方向とを交差する方向にすることができる。

#### 【 0 0 5 2 】

したがって、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、耐熱性に優れた P t M n 合金などの合金を反強磁性層だけでなくバイアス層にも使用し、固定磁性層の磁化方向に悪影響を与えることなく、バイアス層にフリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃える交換異方性磁界を発生させることができ、フリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えることができるため、耐熱性および再生信号波形の対称性に優れたスピンバルブ型薄膜磁気素子を提供することが可能となる。

#### 【 0 0 5 3 】

また、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、基板上に、反強磁性層と、固定磁性層と、非磁性導電層と、フリー磁性層と、バイアス層とを順次積層して積層体を形成し、前記積層体を熱処理する方法であるので、前記積層体を形成するに際し、前記基板と前記バイアス層との間に形成される各層の表面を大気に触れさせることがなく、前記各層の表面が大気に触れた場合のように、大気に触れた表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングしてからその上



の層を形成する必要がないため、容易に製造することができる。また、再現性が良好な製造方法とすることができる。さらに、前記各層の表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングする必要がないため、再付着物によるコンタミや、表面の結晶状態の乱れによる交換異方性磁界の発生に対する悪影響など、クリーニングすることに起因する不都合が生じない優れた製造方法とすることができる。

【 0 0 5 4 】

また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、前記バイアス層の一部を除去してトラック幅に近い幅の凹部を形成するとともに、この凹部の下に位置する前記フリー磁性層にトラック幅に相当する幅のトラック溝を形成するので、前記バイアス層の厚みにばらつきがある場合でも、前記トラック溝の底部にバイアス層が残ることがないため、トラック幅を精度よく画定でき、高記録密度化に対応可能なスピバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。また、バイアス層を完全に除去することが簡単であるため、容易に製造することができる。

【 0 0 5 5 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、スライダに上記のスピバルブ型薄膜磁気素子が備えられてなることを特徴とする。

このような薄膜磁気ヘッドとすることで、耐久性および耐熱性に優れ、十分な交換異方性磁界が得られる薄膜磁気ヘッドとすることができる。

【 0 0 5 6 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の実施形態について、図面を参照して詳しく説明する。

〔第 1 の実施形態〕

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図であり、図 6 および図 7 は、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子を備えた薄膜磁気ヘッドを示した図である。

本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の上下には、ギャップ層を介してシール

ド層が形成され、スピバルブ型薄膜磁気素子、ギャップ層、及びシールド層で、再生用のGMRヘッドh 1が構成されている。

なお、前記再生用のGMRヘッドh 1に、記録用のインダクティブヘッドh 2を積層してもよい。

【0057】

このスピバルブ型薄膜磁気素子を具備してなるGMRヘッドh 1は、図6に示すように、インダクティブヘッドh 2と共にスライダ151のトレーリング側端部151 dに設けられて薄膜磁気ヘッド150を構成し、ハードディスク等の磁気記録媒体の記録磁界を検出することが可能になっている。

なお、図1において、磁気記録媒体の移動方向は図示Z方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向はY方向である。

【0058】

図6に示す薄膜磁気ヘッド150は、スライダ151と、スライダ151の端面151 dに備えられたGMRヘッドh 1及びインダクティブヘッドh 2を主体として構成されている。符号155は、スライダ151の磁気記録媒体の移動方向の上流側であるリーディング側を示し、符号156は、トレーリング側を示している。このスライダ151の媒体対向面152には、レール151 a、151 a、151 bが形成され、各レール同士間は、エアーグループ151 c、151 cとされている。

【0059】

図7に示すように、GMRヘッドh 1は、スライダ151の端面151 d上に形成された磁性合金からなる下部シールド層163と、下部シールド層163に積層された下部ギャップ層164と、媒体対向面152から露出するスピバルブ型薄膜磁気素子1と、スピバルブ型薄膜磁気素子1及び下部ギャップ層164を覆う上部ギャップ層166と、上部ギャップ層166を覆う上部シールド層167とから構成されている。

上部シールド層167は、インダクティブヘッドh 2の下部コア層と兼用とされている。

【0060】

インダクティブヘッド h 2 は、下部コア層（上部シールド層） 1 6 7 と、下部コア層 1 6 7 に積層されたギャップ層 1 7 4 と、コイル 1 7 6 と、コイル 1 7 6 を覆う上部絶縁層 1 7 7 と、ギャップ層 1 7 4 に接合され、かつコイル 1 7 6 側にて下部コア層 1 6 7 に接合される上部コア層 1 7 8 とから構成されている。

コイル 1 7 6 は、平面的に螺旋状となるようにパターン化されている。また、コイル 1 7 6 のほぼ中央部分にて上部コア層 1 7 8 の基端部 1 7 8 b が下部コア層 1 6 7 に磁氣的に接続されている。

また、上部コア層 1 7 8 には、アルミナなどからなる保護層 1 7 9 が積層されている。

#### 【 0 0 6 1 】

図 1 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子 1 は、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層が一層ずつ形成された、いわゆるボトム型のシングルスピバルブ型薄膜磁気素子である。

また、この例のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 は、エクステンジバイアス方式により、フリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えるものである。

前記エクステンジバイアス方式は、不感領域があるため実効トラック幅の制御が困難であるハードバイアス方式と比較して、高密度記録に対応するトラック幅の狭いスピバルブ型薄膜磁気素子に適した方式である。

#### 【 0 0 6 2 】

図 1 において、符号 K は基板を示している。この基板 K の上には、 $Al_2O_3$  などからなる下地絶縁層 2 0 0、下部シールド層 1 6 3、下部ギャップ層 1 6 4、反強磁性層 2 が形成されている。さらに、前記反強磁性層 2 の上には、固定磁性層 3 が形成され、この固定磁性層 3 の上には、非磁性導電層 4 が形成され、さらに、前記非磁性導電層 4 の上には、フリー磁性層 5 が形成されている。前記フリー磁性層 5 は、固定磁性層 3 が配置されている方向と反対側の面もしくは前記基板 K と反対側の面に、トラック幅 T w と同じ幅のトラック溝 5 A が設けられた溝部 5 B と、その両側の平坦部 5 C、5 C とを有している。

前記フリー磁性層 5 の平坦部 5 C、5 C 上には、前記バイアス層 6、6 が設け

られ、前記バイアス層 6、6 の上には、導電層 8、8 が形成されている。

【0063】

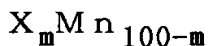
前記基板 K は、 $Al_2O_3-TiC$  系セラミックスなどの非磁性体により形成されている。

【0064】

前記反強磁性層 2 は、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と、Mn とを含む合金からなるものである。これらの合金からなる反強磁性層 2 は、耐熱性、耐食性に優れるという特徴を有している。

【0065】

特に、前記反強磁性層 2 は、下記の組成式からなる合金であることが好ましい。

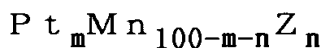


但し、X は、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうちの少なくとも 1 種以上の元素であり、組成比を示す m は、 $48 \text{ 原子}\% \leq m \leq 60 \text{ 原子}\%$  である。

より好ましい組成比を示す m は、 $48 \text{ 原子}\% \leq m \leq 58 \text{ 原子}\%$  である。

【0066】

更に、前記反強磁性層 2 は、下記の組成式からなる合金であっても良い。

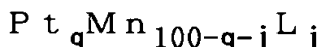


但し、Z は、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素であり、組成比を示す m、n は、 $48 \text{ 原子}\% \leq m+n \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$  である。

より好ましい組成比を示す m、n は、 $48 \text{ 原子}\% \leq m+n \leq 58 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$  である。

【0067】

また、前記反強磁性層 2 は、下記の組成式からなる合金であってもよい。



但し、L は、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素であり、組成比を示す q、j は、 $48 \text{ 原子}\% \leq$

$q + j \leq 60$  原子%、 $0.2$  原子%  $\leq j \leq 10$  原子%である。

また、より好ましい組成比を示す  $q$ 、 $j$  は、 $48$  原子%  $\leq q + j \leq 58$  原子%、 $0.2$  原子%  $\leq j \leq 10$  原子%である。

【0068】

前記固定磁性層 3 は、例えば、Co 膜、NiFe 合金、CoNiFe 合金、CoFe 合金、CoNi 合金などで形成されている。

図 1 に示す固定磁性層 3 は、反強磁性層 2 に接して形成され、磁場中熱処理を施すことにより、前記固定磁性層 3 と前記反強磁性層 2 との界面にて発生する交換結合による交換異方性磁界により磁化されている。

前記固定磁性層 3 の磁化方向は、図示 Y 方向、すなわち記録媒体から離れる方向（ハイト方向）に固定されている。

【0069】

また、前記非磁性導電層 4 は、Cu などの非磁性導電膜により形成されることが好ましい。

【0070】

また、前記フリー磁性層 5 は、前記固定磁性層 3 と同様の材質などで形成されることが好ましい。

前記フリー磁性層 5 は、バイアス層 6 からのバイアス磁界によって磁化され、図示 X1 方向と反対方向、すなわち固定磁性層 3 の磁化方向と交差する方向に磁化方向が揃えられている。

前記フリー磁性層 5 が前記バイアス層 6 により単磁区化されることによって、バルクハウゼンノイズの発生が防がれる。

【0071】

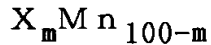
前記バイアス層 6 は、前記反強磁性層 2 と同様に、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と、Mn とを含む合金からなるものであり、磁場中熱処理により、フリー磁性層 5 との界面にて交換異方性磁界が発現されて、フリー磁性層 5 を一定の方向に磁化するものである。

そして、これらの合金からなるバイアス層 6 は、耐熱性、耐食性に優れるとい

う特徴を有している。

【0072】

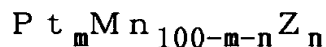
特に、前記バイアス層6は、下記の組成式からなる合金であることが好ましい。



但し、Xは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示すmは、52原子% ≤ m ≤ 60原子%である。

【0073】

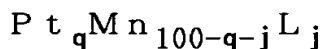
さらに、バイアス層6は、下記の組成式からなる合金であっても良い。



但し、Zは、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Au、Ag、Cr、Niのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すm、nは、52原子% ≤ m + n ≤ 60原子%、0.2原子% ≤ n ≤ 10原子%である。

【0074】

また、バイアス層6は、下記の組成式からなる合金であってもよい。



但し、Lは、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すq、jは、52原子% ≤ q + j ≤ 60原子%、0.2原子% ≤ j ≤ 10原子%である。

【0075】

また、前記導電層8、8は、例えば、Au、W、Cr、Taなどで形成されることが好ましい。

【0076】

このスピバルブ型薄膜磁気素子1においては、導電層8、8からフリー磁性層5、非磁性導電層4、固定磁性層3に定常電流が与えられ、図示Z方向に走行する磁気記録媒体からの漏れ磁界が図示Y方向に与えられると、前記フリー磁性層5の磁化方向が図示X方向と反対方向から図示Y方向に向けて変動する。このフリー磁性層5内での磁化方向の変動と固定磁性層3の磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この抵抗変化に基づく電圧変化により磁気記録媒体からの漏れ磁

界が検出される。

【0077】

次に、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 の製造方法を説明する。

この製造方法は、スピンバルブ型薄膜磁気素子 1 における反強磁性層 2 およびバイアス層 6、6 の位置によって、熱処理により発生する反強磁性層 2 およびバイアス層 6、6 の交換異方性磁界の大きさが相違することを利用してなされたものであり、1 度目の熱処理で固定磁性層 3 の磁化方向を固定し、2 度目の熱処理でフリー磁性層 5 の磁化方向を揃えるものである。

【0078】

即ち、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 の製造方法では、基板 K 上に、反強磁性層 2 と、固定磁性層 3 と、非磁性導電層 4 と、フリー磁性層 5 と、バイアス層 6 とを順次積層して図 2 に示す積層体 a 1 を形成したのち、前記積層体 a 1 にトラック幅 Tw 方向と直交する方向である第 1 の磁界を印加しつつ、第 1 の熱処理温度で熱処理し、前記反強磁性層 2 およびバイアス層 6 に交換異方性磁界を発生させて、前記固定磁性層 3 および前記フリー磁性層 5 の磁化を同一方向に固定すると共に、前記反強磁性層 2 の交換異方性磁界を前記バイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大とする。

【0079】

ついで、トラック幅 Tw 方向に前記バイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きく前記反強磁性層 2 の交換異方性磁界よりも小さい第 2 の磁界を印加しつつ、前記第 1 の熱処理温度よりも高い第 2 の熱処理温度で熱処理し、前記フリー磁性層 5 に前記固定磁性層 3 の磁化方向と交差する方向のバイアス磁界を付与する。

【0080】

さらに、図 3 に示すように、熱処理された前記積層体 a 1 の上に、トラック幅 Tw に近い幅を開けてレジストなどによるマスク 250 を形成する。さらに、イオンミリングなどにより、図 4 に示すように、前記バイアス層 6 の一部を除去してトラック幅 Tw に近い幅の凹部 6 A を形成するとともに、この凹部 6 A の下に位置する前記フリー磁性層 5 にトラック溝 5 A を形成し、レジストなどのマスク 250 を除去する。

## 【 0 0 8 1 】

前記トラック溝 5 A は、トラック幅  $T_w$  と同じ幅となるように形成されることが好ましい。

また、前記トラック溝 5 A は、 $10 \sim 50 \text{ \AA}$  程度の深さ 5 H で形成されることが好ましい。前記トラック溝 5 A の深さ 5 H が  $10 \text{ \AA}$  程度未満であると、例えば、バイアス層 6 の厚さにばらつきがある場合などに、除去されるべきバイアス層 6 のすべてが除去されず、トラック溝 5 A の底部 5 D にバイアス層 6 が残る恐れがあるため好ましくない。一方、前記トラック溝 5 A が  $50 \text{ \AA}$  程度を越える深さ 5 H であると、イオンミリングなどのエッチング深さのばらつきにより、フリー磁性層 5 にばらつきが生じやすくなるため好ましくない。

## 【 0 0 8 2 】

ついで、図 5 に示すように、凹部 6 A、トラック溝 5 A およびバイアス層 6 の平坦部の一部に乗り上げるようにリフトオフレジスト 2 5 1 を形成する。さらに、リフトオフレジスト 2 5 1 の表面に導電層 8 a を形成するとともに、バイアス層 6 が露出している平坦部に導電層 8 を形成する。その後、リフトオフレジスト 2 5 1 を除去すると、図 1 のような前記バイアス層 6 上に、前記フリー磁性層 5 に検出電流を与える導電層 8、8 が形成されたスピバルブ型薄膜磁気素子 1 が得られる。

## 【 0 0 8 3 】

次に、反強磁性層の熱処理温度と交換異方性磁界との関係について、図 1 7、図 1 9、図 2 0 を参照して詳しく説明する。

図 1 7 に示した ■ 印は、基板とフリー磁性層の間に反強磁性層を配置したボトム型シングルスピバルブ薄膜磁気素子の交換異方性磁界の熱処理依存性を示し、図 1 7 に示した ◆ 印は、フリー磁性層よりも基板から離れた位置に反強磁性層を配置したトップ型シングルスピバルブ薄膜磁気素子の交換異方性磁界の熱処理依存性を示す。

従って、◆ 印のトップ型シングルスピバルブ薄膜磁気素子の反強磁性層は、■ 印のボトム型シングルスピバルブ薄膜磁気素子の反強磁性層よりも、基板から離れた位置に設けられていることになる。



## 【0084】

具体的には、図17に示した◆印で示されるトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子は、図19に示すように、Si基板Kの上に、 $Al_2O_3$  (1000) からなる下地絶縁層200、Ta (50) からなる下地層210、NiFe合金 (70) およびCo (10) の2層からなるフリー磁性層5、Cu (30) からなる非磁性導電層4、Co (25) からなる固定磁性層3、 $Pt_{55.4}Mn_{44.6}$  (300) からなる反強磁性層2、Ta (50) からなる保護層220の順に形成された構成のものである。

## 【0085】

また、図17に示した■印で示されるボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子は、図20に示すように、Si基板Kの上に、 $Al_2O_3$  (1000) からなる下地絶縁層200、Ta (30) からなる下地層210、 $Pt_{55.4}Mn_{44.6}$  (300) からなる反強磁性層2、Co (25) からなる固定磁性層3、Cu (26) からなる非磁性導電層4、Co (10) およびNiFe合金 (70) の2層からなるフリー磁性層5、Ta (50) からなる保護層220の順に形成された構成のものである。

なお、カッコ内は各層の厚さを示し、単位はオングストロームである。

## 【0086】

また、図17に示した◆印で示されるトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子は、固定磁性層3の上側に配置され、基板Kと反強磁性層2との間にフリー磁性層5、非磁性導電層4、固定磁性層3が挟まれて形成されている。

一方、図17に示した■印で示されるボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子は、固定磁性層3の下側に配置され、基板Kと反強磁性層2との間には、固定磁性層3、非磁性導電層4、フリー磁性層5が形成されていない。

## 【0087】

図17に示すように、■印で示す反強磁性層2 ( $Pt_{55.4}Mn_{44.6}$ ) の交換異方性磁界は、220℃を過ぎて上昇しはじめ、240℃を越えると700 (Oe) 程度になって一定となる。また、◆印で示す反強磁性層2 ( $Pt_{54.4}Mn_{45.6}$ ) の交換異方性磁界は、240℃を過ぎて上昇し、260℃を超えると600 (

O e) を越えて一定となる。

このように、基板に近い位置に配置された反強磁性層 2 (■印) は、基板より離れた位置に配置された反強磁性層 2 (◆印) と比較して、比較的低い熱処理温度で高い交換異方性磁界が得られることがわかる。

#### 【0088】

本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 の製造方法は、上述した反強磁性層の性質を利用したものである。

すなわち、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 は、反強磁性層 2 と基板 K との距離が近い（または、固定磁性層の下に反強磁性層が配置された）ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子 1 であり、前記反強磁性層 2 に使用される合金と同様の合金によって形成されたバイアス層 6 が反強磁性層 2 よりも基板 K から遠い位置に配置されている。

#### 【0089】

したがって、例えば、前記積層体 a 1 に、第 1 の磁界を印加しつつ、第 1 の熱処理温度 (220 ~ 240℃) で前記の積層体 a 1 を熱処理すると、反強磁性層 2 およびバイアス層 6 に交換異方性磁界が生じ、固定磁性層 3 とフリー磁性層 5 の磁化方向が同一方向に固定される。また、反強磁性層 2 の交換異方性磁界は 600 (O e) 以上となり、バイアス層 6 の交換異方性磁界は 100 (O e) 以下となり、反強磁性層 2 の交換異方性磁界が大きくなる。

次に、第 1 の磁界と直交する方向の第 2 の磁界を印加しつつ、第 2 の熱処理温度 (250 ~ 270℃) で前記積層体 a 1 を熱処理すると、バイアス層 6 の交換異方性磁界が 600 (O e) 以上となり、先の熱処理にて発生したバイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きくなる。したがって、フリー磁性層 5 の磁化方向は、第 1 の磁界に対して交差する方向となる。

#### 【0090】

このとき、第 2 の磁界を先の熱処理にて発生した反強磁性層 2 の交換異方性磁界よりも小さくしておけば、反強磁性層 2 に第 2 の磁界が印加されても、反強磁性層 2 の交換異方性磁界が劣化することがなく、固定磁性層 3 の磁化方向を固定したままにすることが可能になる。

このことにより、固定磁性層 3 の磁化方向とフリー磁性層 5 の磁化方向とを交差する方向にすることができる。

#### 【0091】

第 1 の熱処理温度は、220℃～240℃の範囲とすることが好ましい。第 1 の熱処理温度が 220℃未満であると、反強磁性層 2 の交換異方性磁界が 200 (Oe) 以下となって、固定磁性層 3 の磁化が高くなり、固定磁性層 3 の磁化方向が 2 度目の熱処理によりフリー磁性層 5 の磁化方向と同一方向に磁化されてしまうので好ましくない。一方、第 1 の熱処理温度が 240℃を越えると、バイアス層 6 の交換異方性磁界が大きくなって、フリー磁性層 5 の磁化が強い磁場をかけないと動きにくくなり、第 2 の熱処理時に前記フリー磁性層 5 の磁化方向を固定磁性層 3 の磁化方向に対して交差する方向に揃えられなくなるので好ましくない。また、第 1 の熱処理温度を 230℃～240℃の範囲とすれば、反強磁性層 2 の交換異方性磁界を 400 (Oe) 以上とすることができ、固定磁性層 3 の交換異方性磁界を大きくすることができるのでより好ましい。

#### 【0092】

第 2 の熱処理温度は、250℃～270℃の範囲とすることが好ましい。第 2 の熱処理温度が 250℃未満であると、バイアス層 6 の交換異方性磁界を 400 (Oe) 以上にすることができなくなると、フリー磁性層 5 の縦バイアス磁界を大きくすることができなくなるので好ましくない。また、第 1 の熱処理にて固定したフリー磁性層 5 の磁化方向を、固定磁性層 3 の磁化方向と交差する方向に揃えることができなくなるので好ましくない。一方、第 2 の熱処理温度が 270℃を越えても、もはやバイアス層 6 の交換異方性磁界は一定となって増大せず、層界面での熱拡散などによる磁気抵抗効果の劣化を引き起こすので好ましくない。

#### 【0093】

また、図 18 から示唆されるように、反強磁性層 2 とバイアス層 6 の組成を適宜異なった組成に調整することにより、第 1 の熱処理後で得られる反強磁性層 6 の交換異方性磁界をより大きく、かつ第 1 の熱処理後にバイアス層 6 に交換異方性磁界がほとんど発生しないような第 2 の熱処理にとって好ましい状態とすることもできる。

【0094】

次に、熱処理温度が245℃または270℃である場合における反強磁性層の組成と交換異方性磁界との関係について図18を参照して詳しく説明する。

図示△印及び▲印は、フリー磁性層よりも基板から離れた位置に反強磁性層を配置した（または、固定磁性層の上に反強磁性層が配置された）トップ型シングルスピバルブ薄膜磁気素子の反強磁性層の組成と交換異方性磁界との関係を示すものであり、図示△印は270℃、図示▲印は245℃で熱処理したものである。

図示○印及び●印は、基板とフリー磁性層の間に反強磁性層を配置した（または、固定磁性層の下に反強磁性層が配置された）ボトム型シングルスピバルブ薄膜磁気素子の反強磁性層の組成と交換異方性磁界との関係を示すものであり、図示○印は270℃、図示●印は245℃で熱処理したものである。

【0095】

具体的には、△印及び▲印で示したトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子は、図19に示すように、Si基板Kの上に、 $Al_2O_3$  (1000) からなる下地絶縁層200、Ta (50) からなる下地層210、NiFe合金 (70) およびCo (10) の2層からなるフリー磁性層5、Cu (30) からなる非磁性導電層4、Co (25) からなる固定磁性層3、 $Pt_{\text{m}}Mn_t$  (300) からなる反強磁性層2、Ta (50) からなる保護層220の順に形成された構成のものである。

【0096】

一方、○印及び●印で示したボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子は、図20に示すように、Si基板Kの上に、 $Al_2O_3$  (1000) からなる下地絶縁層200、Ta (30) からなる下地層210、 $Pt_{\text{m}}Mn_t$  (300) からなる反強磁性層2、Co (25) からなる固定磁性層3、Cu (26) からなる非磁性導電層4、Co (10) およびNiFe合金 (70) の2層からなるフリー磁性層5、Ta (50) からなる保護層220の順に形成された構成のものである。

尚、カッコ内は、各層の厚さを示し、単位はオングストロームである。

【0097】

本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 の製造方法では、図 1 8 に示すボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子およびトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層の性質を利用している。

すなわち、ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子である本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 では、反強磁性層 2 に使用される合金の組成範囲は、図 1 8 に示すボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層と同様とすることが好ましく、前記バイアス層 6 に使用される合金の組成範囲は、図 1 8 に示すトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層と同様とすることが好ましい。

#### 【0098】

また、図 1 8 から明らかなように、ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、ここでは前記反強磁性層 2 を  $X_mMn_{100-m}$  (但し、X は、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうちの少なくとも 1 種以上の元素) からなる合金としたときは、組成比を示す  $m$  が、 $48\text{原子}\% \leq m \leq 60\text{原子}\%$  であることが好ましい。

$m$  が  $48\text{原子}\%$  未満または  $60\text{原子}\%$  以上を越えると、熱処理温度  $270^\circ\text{C}$  の第 2 の熱処理を行っても、 $X_mMn_{100-m}$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

#### 【0099】

また、 $m$  のより好ましい範囲は、 $48\text{原子}\% \leq m \leq 58\text{原子}\%$  である。

$m$  が  $48\text{原子}\%$  未満または  $58\text{原子}\%$  以上を越えると、熱処理温度  $245^\circ\text{C}$  の第 1 の熱処理を行っても、 $X_mMn_{100-m}$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向交換結合磁界（交換異方性磁界）を示さなくなるので好ましくない。

#### 【0100】

また、ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、すなわち前記反強磁性層 2 を  $Pt_mMn_{100-m-n}Z_n$  (但し、Z は、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素) としたとき、組成比を示す  $m$ 、 $n$  は、 $48\text{原子}\% \leq m+n \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$  である

ことが好ましい。

$m+n$  が 4 8 原子%未満または 6 0 原子%を越えると、熱処理温度 2 7 0℃の第 2 の熱処理を行っても、 $Pt_mMn_{100-m-n}Z_n$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、 $n$  が 0. 2 原子%未満であると、反強磁性層の結晶格子の規則化の促進効果、すなわち、交換異方性磁界を大きくする効果が十分に現れないので好ましくなく、 $n$  が 4 0 原子%を越えると、逆に交換異方性磁界が減少するので好ましくない。

#### 【0 1 0 1】

また、 $m+n$  のより好ましい範囲は、 $48 \text{ 原子}\% \leq m+n \leq 58 \text{ 原子}\%$  である。

$m+n$  が 4 8 原子%未満または 5 8 原子%を越えると、熱処理温度 2 4 5℃の第 1 の熱処理を行っても、 $Pt_mMn_{100-m-n}Z_n$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

#### 【0 1 0 2】

また、ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、すなわち前記反強磁性層 2 を  $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$  (但し、 $L$  は、 $Au$ 、 $Ag$ 、 $Cr$ 、 $Ni$ 、 $Ne$ 、 $Ar$ 、 $Xe$ 、 $Kr$  のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素) としたとき、組成比を示す  $q$ 、 $j$  は、 $48 \text{ 原子}\% \leq q+j \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$  であることが好ましい。

$q+j$  が 4 8 原子%未満または 6 0 原子%を越えると、熱処理温度 2 7 0℃の第 2 の熱処理を行っても、 $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、 $j$  が 0. 2 原子%未満であると、元素  $L$  の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $j$  が 1 0 原子%を越えると、一方向性交換異方性磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0 1 0 3】

また、 $q + j$  のより好ましい範囲は、 $48 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 58 \text{ 原子}\%$ である。

$q + j$  が  $48 \text{ 原子}\%$  未満または  $58 \text{ 原子}\%$  を越えると、熱処理温度  $245^\circ\text{C}$  の第1の熱処理を行っても、 $\text{Pt}_q\text{Mn}_{100-q-j}\text{L}_j$  の結晶格子が  $\text{L}1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

【0 1 0 4】

図18から明らかなように、トップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、ここでは前記バイアス層6を  $\text{X}_m\text{Mn}_{100-m}$  (但し、 $\text{X}$  は、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Ir}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Os}$  のうちの少なくとも1種以上の元素) からなる合金としたときは、組成比を示す  $m$  が、 $52 \text{ 原子}\% \leq m \leq 60 \text{ 原子}\%$  であることが好ましい。

$m$  が  $52 \text{ 原子}\%$  未満または  $60 \text{ 原子}\%$  を越えると、熱処理温度  $270^\circ\text{C}$  の第2の熱処理を行っても、 $\text{X}_m\text{Mn}_{100-m}$  の結晶格子が  $\text{L}1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

【0 1 0 5】

また、トップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、すなわち前記バイアス層6を  $\text{Pt}_m\text{Mn}_{100-m-n}\text{Z}_n$  (但し、 $\text{Z}$  は、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Ir}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Os}$  のうちの少なくとも1種または2種以上の元素) としたとき、組成比を示す  $m$ 、 $n$  は、 $52 \text{ 原子}\% \leq m + n \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$  であることが好ましい。

$m + n$  が  $52 \text{ 原子}\%$  未満または  $60 \text{ 原子}\%$  を越えると、熱処理温度  $270^\circ\text{C}$  の第2の熱処理を行っても、 $\text{Pt}_m\text{Mn}_{100-m-n}\text{Z}_n$  の結晶格子が  $\text{L}1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、 $n$  が  $0.2 \text{ 原子}\%$  未満であると、反強磁性層の結晶格子の規則化の促進効果、すなわち、交換異方性磁界を大きくする効果が十分に現れないので好ましくなく、 $n$  が  $40 \text{ 原子}\%$  を越えると、逆に交換異方性磁界が減少するので好まし

くない。

#### 【0106】

また、トップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、すなわち前記バイアス層6を $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$ （但し、Lは、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素）としたとき、組成比を示すq、jは、 $52\text{原子}\% \leq q+j \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ であることが好ましい。

q+jが52原子%未満または60原子%を越えると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、 $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$ の結晶格子が $L1_0$ 型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、jが0.2原子%未満であると、元素Lの添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、jが10原子%を越えると、一方向性交換異方性磁界が低下してしまうので好ましくない。

#### 【0107】

また、図18から明らかなように、ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層ここでは前記反強磁性層2、およびトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層ここでは前記バイアス層6が $X_mMn_{100-m}$ （但し、Xは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以上の元素）からなる合金としたとき、前記反強磁性層および前記バイアス層の組成比を示すmが、 $52\text{原子}\% \leq m \leq 58\text{原子}\%$ であることが好ましい。

#### 【0108】

mが52原子%未満であると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、前記バイアス層6を構成する $X_mMn_{100-m}$ の結晶格子が $L1_0$ 型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、mが58原子%を越えると、熱処理温度245℃の第1の熱処理を行っても前記反強磁性層2を構成する $X_mMn_{100-m}$ の結晶格子が $L1_0$ 型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結



合磁界を示さなくなるので好ましくない。

【0 1 0 9】

また、前記反強磁性層 2 および前記バイアス層 6 が、 $X_m Mn_{100-m}$  からなる合金としたとき、反強磁性層 2 およびバイアス層 6 の組成比を示す  $m$  が、 $52 \text{ 原子} \% \leq m \leq 56.5 \text{ 原子} \%$  であることがより好ましい。

$m$  が  $52 \text{ 原子} \%$  未満であると、熱処理温度  $270^\circ\text{C}$  の第 2 の熱処理を行っても、バイアス層 6 を構成する  $X_m Mn_{100-m}$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、 $m$  が  $56.5 \text{ 原子} \%$  を越えると、熱処理温度  $245^\circ\text{C}$  の第 1 の熱処理を行った場合に、反強磁性層 2 による交換異方性磁界がバイアス層 6 による交換異方性磁界よりも大きくなるがその差は小さく、熱処理温度  $270^\circ\text{C}$  の第 2 の熱処理の際に、固定磁性層 3 がフリー磁性層 5 の磁化と同一の方向に磁化されたり、第 2 の熱処理の際にフリー磁性層 5 の磁化方向と固定磁性層 3 の磁化方向とを直交方向に揃え難くなるので好ましくない。

【0 1 1 0】

また、前記反強磁性層 2 およびバイアス層 6 が、 $X_m Mn_{100-m}$  からなる合金としたとき、反強磁性層 2 およびバイアス層 6 の組成比を示す  $m$  が、 $52 \text{ 原子} \% \leq m \leq 55.2 \text{ 原子} \%$  であることが最も好ましい。

$m$  が  $52 \text{ 原子} \%$  未満であると、熱処理温度  $270^\circ\text{C}$  の第 2 の熱処理を行っても、バイアス層 6 を構成する  $X_m Mn_{100-m}$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、 $m$  が  $55.2 \text{ 原子} \%$  を越えると、熱処理温度  $245^\circ\text{C}$  の第 1 の熱処理を行った場合に、反強磁性層 2 の交換結合磁界がバイアス層 6 の交換結合磁界よりも大きくなるがその差は小さく、熱処理温度  $270^\circ\text{C}$  の第 2 の熱処理の際に、固定磁性層 3 がフリー磁性層 5 の磁化と同一の方向に磁化されたり、第 2 の熱処理の際に、フリー磁性層 5 の磁化方向と固定磁性層 3 の磁化方向とを直交方向に揃え難くなるので好ましくない。

## 【0 1 1 1】

従って、反強磁性層 2 およびバイアス層 6 の上記組成比が  $5.2 \text{ 原子}\% \leq m \leq 5.5 \text{ 原子}\%$  であれば、第 1 の熱処理時に反強磁性層 2 の交換異方性磁界がバイアス層 6 の交換結合磁界よりもより大きくなり、第 2 の熱処理を行った後も反強磁性層 2 とバイアス層 6 の交換結合磁界の差が大きくなるので、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対し、固定磁性層 3 の磁化方向は変化せずに固定され、フリー磁性層 5 の磁化方向はスムーズに変化することができるため好ましい。

## 【0 1 1 2】

また、反強磁性層 2 およびバイアス層 6 が、 $\text{Pt}_m\text{Mn}_{100-m-n}\text{Z}_n$  (但し、Z は、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素) としたとき、組成比を示す m、n は、 $5.2 \text{ 原子}\% \leq m+n \leq 5.8 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 4.0 \text{ 原子}\%$  であることが好ましい。

## 【0 1 1 3】

m+n が  $5.2 \text{ 原子}\%$  未満であると、熱処理温度  $270^\circ\text{C}$  の第 2 の熱処理を行っても、前記バイアス層 6 を構成する  $\text{Pt}_m\text{Mn}_{100-m-n}\text{Z}_n$  の結晶格子が  $\text{L}1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、m+n が  $5.8 \text{ 原子}\%$  を越えると、熱処理温度  $245^\circ\text{C}$  の第 1 の熱処理を行っても、前記反強磁性層 2 を構成する  $\text{Pt}_m\text{Mn}_{100-m-n}\text{Z}_n$  の結晶格子が  $\text{L}1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、n が  $0.2 \text{ 原子}\%$  未満であると、元素 Z の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、n が  $4.0 \text{ 原子}\%$  を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

## 【0 1 1 4】

また、前記反強磁性層 2 およびバイアス層 6 が、 $\text{Pt}_m\text{Mn}_{100-m-n}\text{Z}_n$  からなる合金としたとき、組成比を示す m、n が、 $5.2 \text{ 原子}\% \leq m+n \leq 56.5 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 4.0 \text{ 原子}\%$  であることがより好ましい。

## 【0 1 1 5】

$m+n$  が 5 2 原子%未満であると、熱処理温度 2 7 0℃の第 2 の熱処理を行っても、 $Pt_mMn_{100-m-n}Z_n$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、 $m+n$  が 5 6. 5 原子%を越えると、熱処理温度 2 4 5℃の第 1 の熱処理を行った場合に、反強磁性層 2 による交換異方性磁界がバイアス層 6 による交換異方性磁界よりも大きくなるがその差は小さく、熱処理温度 2 7 0℃の第 2 の熱処理の際に、固定磁性層 3 がフリー磁性層 5 の磁化と同一の方向に磁化されたり、第 2 の熱処理の際に、フリー磁性層 5 の磁化方向と固定磁性層 3 の磁化方向とを直交方向に揃え難くなるので好ましくない。

また、 $n$  が 0. 2 原子%未満であると、元素 Z の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $n$  が 4 0 原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

#### 【0 1 1 6】

更に、前記反強磁性層 2 およびバイアス層 6 が、 $Pt_mMn_{100-m-n}Z_n$  からなる合金としたとき、組成比を示す  $m$ 、 $n$  が、5 2 原子%  $\leq m+n \leq$  5 5. 2 原子%、0. 2 原子%  $\leq n \leq$  4 0 原子%であることがより好ましい。

#### 【0 1 1 7】

$m$  が 5 2 原子%未満であると、熱処理温度 2 7 0℃の第 2 の熱処理を行っても、バイアス層 6 を構成する  $Pt_mMn_{100-m-n}Z_n$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、 $m+n$  が 5 5. 2 原子%を越えると、熱処理温度 2 4 5℃の第 1 の熱処理を行った場合に、反強磁性層 2 の交換結合磁界がバイアス層 6 の交換結合磁界よりも大きくなるがその差は小さく、熱処理温度 2 7 0℃の第 2 の熱処理の際に、固定磁性層 3 がフリー磁性層 5 の磁化と同一の方向に磁化されたり、第 2 の熱処理の際に、フリー磁性層 5 の磁化方向と固定磁性層 3 の磁化方向とを直交方向に揃え難くなるので好ましくない。

また、 $n$  が 0. 2 原子%未満であると、元素 Z の添加による一方向性交換結合

磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $n$ が40原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

## 【0118】

従って、反強磁性層2およびバイアス層6の上記組成比が52原子% $\leq m+n \leq 55.2$ 原子%であり、0.2原子% $\leq n \leq 40$ 原子%であれば、第1の熱処理時に反強磁性層2の交換異方性磁界がバイアス層6の交換結合磁界よりもより大きくなり、第2の熱処理を行った後も反強磁性層2とバイアス層6の交換結合磁界の差が大きくなるので、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対し、固定磁性層3の磁化方向は変化せずに固定され、フリー磁性層5の磁化方向はスムーズに変化することができるため好ましい。

## 【0119】

また、反強磁性層2およびバイアス層6が、 $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$ （但し、 $L$ は、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素）としたとき、組成比を示す $q$ 、 $j$ は、52原子% $\leq q+j \leq 58$ 原子%、0.2原子% $\leq j \leq 10$ 原子%であることが好ましい。

## 【0120】

$q+j$ が52原子%未満であると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、前記バイアス層6を構成する $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$ の結晶格子が $L1_0$ 型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、 $q+j$ が58原子%を越えると、熱処理温度245℃の第1の熱処理を行っても、前記反強磁性層2を構成する $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$ の結晶格子が $L1_0$ 型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、 $j$ が0.2原子%未満であると、元素 $L$ の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $j$ が10原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

## 【0121】

また、前記反強磁性層2およびバイアス層6が、 $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$ からな

る合金としたとき、組成比を示す  $q$ 、 $j$  が、 $52 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 56.5 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$ であることがより好ましい。

【0 1 2 2】

$q + j$  が  $52 \text{ 原子}\%$ 未満であると、熱処理温度  $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理を行っても、前記バイアス層6を構成する  $\text{Pt}_q\text{Mn}_{100-q-j}\text{L}_j$ の結晶格子が  $\text{L}1_0$ 型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、 $q + j$  が  $56.5 \text{ 原子}\%$ を越えると、熱処理温度  $245^\circ\text{C}$ の第1の熱処理を行った場合に、反強磁性層2による交換異方性磁界がバイアス層6による交換異方性磁界よりも大きくなるがその差は小さく、熱処理温度  $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理の際に、固定磁性層3がフリー磁性層5の磁化と同一の方向に磁化されたり、第2の熱処理の際に、フリー磁性層5の磁化方向と固定磁性層3の磁化方向とを直交方向に揃え難くなるので好ましくない。

また、 $j$  が  $0.2 \text{ 原子}\%$ 未満であると、元素Lの添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $j$  が  $10 \text{ 原子}\%$ を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0 1 2 3】

更に、前記反強磁性層2およびバイアス層6が、 $\text{Pt}_q\text{Mn}_{100-q-j}\text{L}_j$ からなる合金としたとき、組成比を示す  $q$ 、 $j$  が、 $52 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 55.2 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$ であることがより好ましい。

【0 1 2 4】

$q$  が  $52 \text{ 原子}\%$ 未満であると、熱処理温度  $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理を行っても、バイアス層6を構成する  $\text{Pt}_q\text{Mn}_{100-q-j}\text{L}_j$ の結晶格子が  $\text{L}1_0$ 型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、 $q + j$  が  $55.2 \text{ 原子}\%$ を越えると、熱処理温度  $245^\circ\text{C}$ の第1の熱処理を行った場合に、反強磁性層2の交換結合磁界がバイアス層6の交換結合磁界よりも大きくなるがその差は小さく、熱処理温度  $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理の際に、固定磁性層3がフリー磁性層5の磁化と同一の方向に磁化されたり、第2の熱

処理の際に、フリー磁性層 5 の磁化方向と固定磁性層 3 の磁化方向とを直交方向に揃え難くなるので好ましくない。

また、 $j$  が 0.2 原子%未満であると、元素 L の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $j$  が 10 原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

#### 【0 1 2 5】

従って、反強磁性層 2 およびバイアス層 6 の上記組成比が  $5.2 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 5.5 \text{ 原子}\%$  であり、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$  であれば、第 1 の熱処理時に反強磁性層 2 の交換異方性磁界がバイアス層 6 の交換結合磁界よりもより大きくなり、第 2 の熱処理を行った後も反強磁性層 2 とバイアス層 6 の交換結合磁界の差が大きくなるので、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対し、固定磁性層 3 の磁化方向は変化せずに固定され、フリー磁性層 5 の磁化方向はスムーズに変化することができるため好ましい。

#### 【0 1 2 6】

また、ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層ここでは前記反強磁性層 2 の組成と、トップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層ここでは前記バイアス層 6 の組成を異ならしめ、例えば反強磁性層 2 の Mn 濃度をバイアス層 6 の Mn 濃度よりも多くすることにより、第 1 の熱処理後の両者の交換結合磁界の差をより顕著にでき、第 2 の熱処理後にフリー磁性層 5 と固定磁性層 3 の磁化をより確実に直交状態とすることが可能となる。

また、第 2 の熱処理後の Mn 濃度を異ならしめた反強磁性層 2 とバイアス層 6 の両者の交換異方性磁界の差を、さらに顕著にすることができ、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対し、固定磁性層 3 の磁化方向は変化せずに固定され、フリー磁性層 5 の磁化方向はスムーズに変化することが可能となる。

#### 【0 1 2 7】

すなわち、バイアス層 6 を、 $X_m \text{Mn}_{100-m}$  ( $X$  が、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうちの少なくとも 1 種以上の元素、組成比を示す  $m$  が  $5.2 \text{ 原子}\% \leq m \leq 6.0 \text{ 原子}\%$ ) からなる合金とし、反強磁性層 2 を、 $X_m \text{Mn}_{100-m}$  ( $X$  が、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうちの少なくとも 1 種以上の元素、組成比

を示す $m$ が、 $48\text{原子}\% \leq m \leq 58\text{原子}\%$ ）からなる合金とすることが好ましい。

#### 【0128】

バイアス層6の組成を示す $m$ が、 $52\text{原子}\%$ 未満若しくは $60\text{原子}\%$ を越えると、図18に示すように、熱処理温度 $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理を行っても、バイアス層6を構成する $X_mMn_{100-m}$ の結晶格子が $L1_0$ 型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、反強磁性層2の組成を示す $m$ が、 $48\text{原子}\%$ 未満若しくは $58\text{原子}\%$ を越えると、熱処理温度 $245^\circ\text{C}$ の第1の熱処理を行っても反強磁性層2を構成する $X_mMn_{100-m}$ の結晶格子が $L1_0$ 型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

#### 【0129】

よって、第1の熱処理温度 $245^\circ\text{C}$ の第1の熱処理を行った後に、反強磁性層2の交換異方性磁界がバイアス層6の交換異方性磁界よりも大きく、かつ第2の熱処理温度が $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理を行った後にも、反強磁性層2の交換異方性磁界がバイアス層6の交換異方性磁界よりも大きくなるように、反強磁性層2の組成比（ $52\text{原子}\% \leq m \leq 60\text{原子}\%$ ）とバイアス層6の組成比（ $48\text{原子}\% \leq m \leq 58\text{原子}\%$ ）の範囲の中から各々の組成比を異ならせて選択すればよい。

#### 【0130】

このような条件を満たす組成比を各々選択して組成範囲を異ならしめることにより、反強磁性層2とバイアス層6を同一組成で形成した場合よりも、第1の熱処理時および第2の熱処理時における各々の反強磁性層2の交換結合磁界とバイアス層6の交換異方性磁界の差を顕著にできる組み合わせが可能になり、設計の自由度が向上する。

#### 【0131】

また、第1の熱処理の際に、反強磁性層2の交換異方性磁界をバイアス層6の交換異方性磁界よりも大きくでき、第2の熱処理の際に、反強磁性層2の交換異

方性磁界を劣化または磁化方向を変えることがなく、固定磁性層 3 の磁化方向を強固に固定したまま、フリー磁性層 5 と固定磁性層 3 の磁化方向を交差させることができる。

さらに、第 2 の熱処理後に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界をバイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きくでき、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対して、固定磁性層 3 の磁化方向が変化せずに固定され、フリー磁性層 5 の磁化方向はスムーズに変化することが可能となる。

#### 【0 1 3 2】

反強磁性層 2 とバイアス層 6 の好ましい別の組み合わせは、バイアス層 6 を、 $Pt_mMn_{100-m-n}Z_n$  (Z が、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素、組成比を示す m、n が、 $52 \text{ 原子}\% \leq m+n \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$ ) からなる合金とし、反強磁性層 2 を、 $Pt_mMn_{100-m-n}Z_n$  (但し、Z は、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素、組成比を示す m、n は、 $48 \text{ 原子}\% \leq m+n \leq 58 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq n \leq 40 \text{ 原子}\%$ ) からなる合金とすることが好ましい。

#### 【0 1 3 3】

バイアス層 6 の組成を示す m+n が 52 原子%未満若しくは 60 原子%を越えると、熱処理温度 270℃の第 2 の熱処理を行っても、バイアス層 6 を構成する  $Pt_mMn_{100-m-n}Z_n$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、バイアス層 6 の組成を示す n が 0.2 原子%未満であると、元素 Z の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、n が 40 原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

#### 【0 1 3 4】

また、反強磁性層 2 の組成を示す m+n が 48 原子%未満若しくは 58 原子%を越えると、熱処理温度 245℃の第 1 の熱処理を行っても、反強磁性層 2 を構



成する  $Pt_m Mn_{100-m-n} Z_n$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、反強磁性層 2 の組成を示す  $n$  が 0. 2 原子%未満であると、元素  $Z$  の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $n$  が 4 0 原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

#### 【0 1 3 5】

よって、第 1 の熱処理温度 2 4 5 °C の第 1 の熱処理を行った後に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界がバイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きく、かつ第 2 の熱処理温度が 2 7 0 °C の第 2 の熱処理を行った後にも、反強磁性層 2 の交換異方性磁界がバイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きくなるように、反強磁性層 2 の組成比 ( $48 \text{ 原子}\% \leq m+n \leq 58 \text{ 原子}\%$ ) とバイアス層 6 の組成比 ( $52 \text{ 原子}\% \leq m+n \leq 60 \text{ 原子}\%$ ) の範囲の中から各々の組成比を異ならせて選択すればよい。

#### 【0 1 3 6】

このような条件を満たす組成比を各々選択して組成範囲を異ならしめることにより、反強磁性層 2 とバイアス層 6 を同一組成で形成した場合よりも、第 1 の熱処理時および第 2 の熱処理時における各々の反強磁性層 2 の交換結合磁界とバイアス層 6 の交換異方性磁界の差を顕著にできる組み合わせが可能になり、設計の自由度が向上する。

#### 【0 1 3 7】

また、第 1 の熱処理の際に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界をバイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きくでき、第 2 の熱処理の際に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界を劣化または磁化方向を変えることがなく、固定磁性層 3 の磁化方向を強固に固定したまま、フリー磁性層 5 と固定磁性層 3 の磁化方向を交差させることができる。

さらに、第 2 の熱処理後に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界をバイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きくでき、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対して

、固定磁性層 3 の磁化方向が変化せずに固定され、フリー磁性層 5 の磁化方向はスムーズに変化することが可能となる。

【0 1 3 8】

反強磁性層 2 とバイアス層 6 の好ましい別の組み合わせは、バイアス層 6 を、 $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$  (但し、L は、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素、組成比を示す q、j が、 $52 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 60 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$ ) からなる合金とし、反強磁性層 2 を、 $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$  (但し、L は、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素、組成比を示す q、j が、 $48 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 58 \text{ 原子}\%$ 、 $0.2 \text{ 原子}\% \leq j \leq 10 \text{ 原子}\%$ ) からなる合金とすることが好ましい。

【0 1 3 9】

バイアス層 6 の組成を示す q + j が、52 原子%未満若しくは 60 原子%を越えると、熱処理温度 270℃の第 2 の熱処理を行っても、バイアス層 6 を構成する  $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、バイアス層 6 の組成を示す j が、0.2 原子%未満であると、元素 L の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、j が 10 原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0 1 4 0】

また、反強磁性層 2 の組成を示す q + j が、48 原子%未満若しくは 58 原子%を越えると、熱処理温度 245℃の第 1 の熱処理を行っても、反強磁性層 2 を構成する  $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$  の結晶格子が  $L1_0$  型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

また、反強磁性層 2 の組成を示す j が、0.2 原子%未満であると、元素 L の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく

、j が 1 0 原子% を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

#### 【0 1 4 1】

よって、第 1 の熱処理温度 2 4 5℃ の第 1 の熱処理を行った後に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界がバイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きく、かつ第 2 の熱処理温度が 2 7 0℃ の第 2 の熱処理を行った後にも、反強磁性層 2 の交換異方性磁界がバイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きくなるように、反強磁性層 2 の組成比 ( $4.8 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 5.8 \text{ 原子}\%$ ) とバイアス層 6 の組成比 ( $5.2 \text{ 原子}\% \leq q + j \leq 6.0 \text{ 原子}\%$ ) の範囲の中から各々の組成比を異ならせて選択すればよい。

#### 【0 1 4 2】

このような条件を満たす組成比を各々選択して組成範囲を異ならしめることにより、反強磁性層 2 とバイアス層 6 を同一組成で形成した場合よりも、第 1 の熱処理時および第 2 の熱処理時における各々の反強磁性層 2 の交換結合磁界とバイアス層 6 の交換異方性磁界の差を顕著にできる組み合わせが可能になり、設計の自由度が向上する。

#### 【0 1 4 3】

また、第 1 の熱処理の際に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界をバイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きくでき、第 2 の熱処理の際に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界を劣化または磁化方向を変えることがなく、固定磁性層 3 の磁化方向を強固に固定したまま、フリー磁性層 5 と固定磁性層 3 の磁化方向を交差させることができる。

さらに、第 2 の熱処理後に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界をバイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きくでき、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対して、固定磁性層 3 の磁化方向が変化せずに固定され、フリー磁性層 5 の磁化方向はスムーズに変化することが可能となる。

#### 【0 1 4 4】

このようなスピバルブ型薄膜磁気素子 1 では、前記フリー磁性層 5 は、固定磁性層 3 が配置されている方向と反対側の面に（もしくは、基板 K と反対側の面

に)トラック幅 $T_w$ に相当する幅のトラック溝 5 A が設けられた溝部 5 B を有しているので、この溝部 5 B の幅に応じてトラック幅 $T_w$ を正確に決めることができる。

また、このスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を製造する場合に、フリー磁性層 5 の溝部 5 B の両側の平坦部 5 C 上に配置されるバイアス層 6 が、前記溝部 5 B に残ることがなく、磁気記録媒体からの微弱な漏れ磁束に対してフリー磁性層 5 の磁気モーメントがスムーズに回転する感度の優れたスピバルブ型薄膜磁気素子 1 となる。

#### 【0 1 4 5】

さらに、反強磁性層 2 およびバイアス層 6 が、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と Mn とを含む合金からなるものであるので、交換異方性磁界の温度特性が良好となり、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子 1 となる。

また、ハードディスクなどの装置内の環境温度や素子を通るセンス電流によるジュール熱により素子が高温となる薄膜磁気ヘッドなどの装置に備えられた場合の耐久性が良好で、温度変化による交換異方性磁界（交換結合磁界）の変動が少ない優れたスピバルブ型薄膜磁気素子 1 とすることができる。

さらにまた、反強磁性層 2 を上記の合金で形成することで、ブロッキング温度が高いものとなり、反強磁性層 2 に大きな交換異方性磁界を発生させることができるため、固定磁性層 3 の磁化方向を強固に固定することができる。

#### 【0 1 4 6】

このようなスピバルブ型薄膜磁気素子 1 の製造方法では、反強磁性層 2 およびバイアス層 6 に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と、Mn とを含む合金を用い、前記合金の性質を利用して、1 度目の熱処理で固定磁性層 3 の磁化方向を固定し、2 度目の熱処理でフリー磁性層 5 の磁化方向を前記固定磁性層 3 の磁化方向と交差する方向に揃えるので、固定磁性層 3 の磁化方向に悪影響を与えることなく、フリー磁性層 5 の磁化方向を固定磁性層 3 の磁化方向と交差する方向に揃えることができ、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を得ることができる。

る。

【0 1 4 7】

また、基板上に、反強磁性層 2 と、固定磁性層 3 と、非磁性導電層 4 と、フリー磁性層 5 と、バイアス層 6 とを順次積層して積層体 a 1 を形成し、前記積層体 a 1 を熱処理する方法であるので、前記積層体 a 1 を形成するに際し、前記基板 K と前記バイアス層 6 との間に形成される各層の表面を大気に触れさせることがなく、前記各層の表面が大気に触れた場合のように、大気に触れた表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングしてからその上の層を形成する必要がないため、容易に製造することができる。また、再現性が良好な製造方法とすることができる。さらに、前記各層の表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングする必要がないため、再付着物によるコンタミや、表面の結晶状態の乱れによる交換異方性磁界の発生に対する悪影響など、クリーニングすること起因する不都合が生じない優れた製造方法とすることができる。

【0 1 4 8】

さらにまた、前記バイアス層 6 の一部を除去してトラック幅 T w に近い幅の凹部 6 A を形成するとともに、この凹部 6 A の下に位置する前記フリー磁性層 5 にトラック幅 T w に相当する幅のトラック溝 5 A を形成するので、前記バイアス層 6 の厚みにばらつきがある場合でも、前記トラック溝 5 A の底部 5 D にバイアス層 6 が残ることがないため、トラック幅 T w を精度よく画定でき、高記録密度化に対応可能なスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を得ることができる。また、バイアス層 6 を完全に除去することが簡単であるため、容易に製造することができる。

【0 1 4 9】

また、スライダ 1 5 1 に上記のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 が備えられてなる薄膜磁気ヘッドとすることで、耐久性および耐熱性に優れ、十分な交換異方性磁界が得られる薄膜磁気ヘッドとすることができる。

【0 1 5 0】

本発明の第 1 の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 においては、上述したように、非磁性導電層 4 の厚さ方向上下に、固定磁性層 3 とフリー磁性層 5 をそれぞれ単層構造として設けたが、これらを複数構造としてもよい。

## 【0 1 5 1】

巨大磁気抵抗変化を示すメカニズムは、非磁性導電層 4 と固定磁性層 3 とフリー磁性層 5 との界面で生じる伝導電子のスピン依存散乱によるものである。Cu などからなる前記非磁性導電層 4 に対し、スピン依存散乱が大きな組み合わせとして、Co 層が例示できる。このため、固定磁性層 3 を Co 以外の材料で形成した場合、固定磁性層 3 の非磁性導電層 4 側の部分を図 1 の 2 点鎖線で示すように薄い Co 層 3 a で形成することが好ましい。また、フリー磁性層 5 を Co 以外の Ni Fe 合金、Co Ni 合金、Co Fe 合金、Co Fe Ni 合金などの材料で形成した場合も、固定磁性層 3 の場合と同様に、フリー磁性層 5 の非磁性導電層 4 側の部分を図 1 の 2 点鎖線で示すように薄い Co 層 5 a で形成することが好ましい。

## 【0 1 5 2】

## [第 2 の実施形態]

図 8 は、本発明の第 2 の実施形態のスピンバルブ型薄膜磁気素子を模式的に示した横断面図であり、図 9 は、図 8 に示したスピンバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図である。

このスピンバルブ型薄膜磁気素子においても、図 1 に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子と同様に、ハードディスク装置に設けられた浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられて、ハードディスクなどの記録磁界を検出するものである。

なお、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向は、図示 Z 方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向は、Y 方向である。

## 【0 1 5 3】

図 8 および図 9 に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、及びフリー磁性層が一層ずつ形成された、いわゆるボトム型のシングルスピンバルブ型薄膜磁気素子の一種である。

また、この例のスピンバルブ型薄膜磁気素子も、図 1 に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子と同様に、反強磁性材料からなるバイアス層を用いたエクステンジバイアス方式により、フリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して

交差する方向に揃えるものである。

【0 1 5 4】

図 8 および図 9 において、符号 K は、基板を示している。この基板 K の上には、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  などからなる下地絶縁層 2 0 0、下部シールド層 1 6 3、下部ギャップ層 1 6 4、反強磁性層 1 1 が形成され、さらに、前記反強磁性層 1 1 の上には、第 1 の固定磁性層 1 2 が形成されている。そして、前記第 1 の固定磁性層 1 2 の上には、非磁性中間層 1 3 が形成され、前記非磁性中間層 1 3 の上には、第 2 の固定磁性層 1 4 が形成されている。前記第 2 の固定磁性層 1 4 の上には、非磁性導電層 1 5 が形成され、さらに前記非磁性導電層 1 5 の上には、フリー磁性層 1 6 が形成されている。前記フリー磁性層 1 6 は、図 9 に示すように、固定磁性層が配置されている方向と反対側の面に（もしくは、基板 K と反対側の面に）トラック幅  $T_w$  と同じ幅のトラック溝 1 6 A が設けられた溝部 1 6 B と、その両側の平坦部 1 6 C、1 6 C とを有している。

前記フリー磁性層 1 6 の平坦部 1 6 C、1 6 C 上には、前記バイアス層 1 3 0、1 3 0 が設けられ、前記バイアス層 1 3 0、1 3 0 の上には、導電層 1 3 1、1 3 1 が形成されている。

【0 1 5 5】

このスピバルブ型薄膜磁気素子においては、上述の第 1 の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子と同様に、反強磁性層 1 1 は、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と、Mn とを含む合金からなるものであり、磁場中熱処理により第 1 の固定磁性層 1 2、第 2 の固定磁性層 1 4 をそれぞれ一定の方向に磁化するものである。

【0 1 5 6】

前記第 1 の固定磁性層 1 2 および第 2 の固定磁性層 1 4 は、例えば、Co 膜、NiFe 合金、CoNiFe 合金、CoFe 合金などで形成されている。

また、第 1 の固定磁性層 1 2 と第 2 の固定磁性層 1 4 との間に介在する非磁性中間層 1 3 は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cu のうち 1 種あるいは 2 種以上の合金で形成されていることが好ましい。

【0 1 5 7】

ところで、図 8 に示す第 1 の固定磁性層 1 2 及び第 2 の固定磁性層 1 4 に示されている矢印は、それぞれの磁気モーメントの大きさ及びその方向を表しており、前記磁気モーメントの大きさは、飽和磁化 ( $M_s$ ) と膜厚 ( $t$ ) とをかけた値で選定される。

【0 1 5 8】

図 8 および図 9 に示す第 1 の固定磁性層 1 2 と第 2 の固定磁性層 1 4 とは同じ材質で形成され、しかも、第 2 の固定磁性層 1 4 の膜厚  $t_{P_2}$  が、第 1 の固定磁性層 1 2 の膜厚  $t_{P_1}$  よりも大きく形成されているために、第 2 の固定磁性層 1 4 の方が第 1 の固定磁性層 1 2 に比べ、磁気モーメントが大きくなっている。

また、第 1 の固定磁性層 1 2 および第 2 の固定磁性層 1 4 が異なる磁気モーメントを有することが望ましい。したがって、第 1 の固定磁性層 1 2 の膜厚  $t_{P_1}$  が第 2 の固定磁性層 1 4 の膜厚  $t_{P_2}$  より厚く形成されていてもよい。

【0 1 5 9】

第 1 の固定磁性層 1 2 は、図 8 および図 9 に示すように、図示 Y 方向、すなわち記録媒体から離れる方向（ハイト方向）に磁化されており、非磁性中間層 1 3 を介して対向する第 2 の固定磁性層 1 4 の磁化は、前記第 1 の固定磁性層 1 2 の磁化方向と反平行（フェリ状態）に磁化されている。

【0 1 6 0】

第 1 の固定磁性層 1 2 は、反強磁性層 1 1 に接して形成され、磁場中アニール（熱処理）を施すことにより、前記第 1 の固定磁性層 1 2 と反強磁性層 1 1 との界面にて交換結合磁界（交換異方性磁界）が発生し、例えば、図 8 および図 9 に示すように、前記第 1 の固定磁性層 1 2 の磁化が、図示 Y 方向に固定される。前記第 1 の固定磁性層 1 2 の磁化が、図示 Y 方向に固定されると、非磁性中間層 1 3 を介して対向する第 2 の固定磁性層 1 4 の磁化は、第 1 の固定磁性層 1 2 の磁化と反平行状態（フェリ状態）で固定される。

【0 1 6 1】

このようなスピバルブ型薄膜磁気素子においては、交換結合磁界が大きいほど、第 1 の固定磁性層 1 2 の磁化と第 2 の固定磁性層 1 4 の磁化を安定して反平



行状態に保つことが可能である。この例のスピンバルブ型薄膜磁気素子では、反強磁性層 11 として、ブロッキング温度が高く、しかも第 1 の固定磁性層 12 との界面で大きい交換結合磁界（交換異方性磁界）を発生させる上記の合金を使用することで、前記第 1 の固定磁性層 12 及び第 2 の固定磁性層 14 の磁化状態を熱的にも安定して保つことができる。

## 【0162】

以上のように、このようなスピンバルブ型薄膜磁気素子では、第 1 の固定磁性層 12 と第 2 の固定磁性層 14 との膜厚比を適正な範囲内に収めることによって、交換結合磁界 ( $H_{ex}$ ) を大きくでき、第 1 の固定磁性層 12 と第 2 の固定磁性層 14 の磁化を、熱的にも安定した反平行状態（フェリ状態）に保つことができ、しかも、良好な  $\Delta MR$ （抵抗変化率）を得ることが可能である。

## 【0163】

図 8 および図 9 に示すように、第 2 の固定磁性層 14 の上には、Cu など形成された非磁性導電層 15 が形成され、さらに前記非磁性導電層 15 の上には、フリー磁性層 16 が形成されている。

前記フリー磁性層 16 は、図 8 および図 9 に示すように、2 層で形成されており、前記非磁性導電層 15 に接する側に形成された符号 17 の層は Co 膜で形成されている。また、もう一方の層 18 は、NiFe 合金や、CoFe 合金、あるいは CoNiFe 合金などで形成されている。

なお、非磁性導電層 15 に接する側に Co 膜の層 17 を形成する理由は、Cu により形成された前記非磁性導電層 15 との界面での金属元素等の拡散を防止でき、また、 $\Delta MR$ （抵抗変化率）を大きくできるからである。

## 【0164】

また、バイアス層 130、130 は、前記反強磁性層 11 と同様に、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と、Mn とを含む合金からなるものとされる。

前記バイアス層 130 のバイアス磁界の影響を受けて、前記フリー磁性層 16 の磁化は、図示 X1 方向に磁化された状態となっている。

## 【0 1 6 5】

また、導電層 1 3 1、1 3 1 は、Au、W、Cr、Ta などにより形成されることが好ましい。

## 【0 1 6 6】

図 8 および図 9 におけるスピバルブ型薄膜磁気素子では、前記導電層 1 3 1、1 3 1 からフリー磁性層 1 6、非磁性導電層 1 5、及び第 2 の固定磁性層 1 4 にセンス電流が与えられる。記録媒体から図 8 および図 9 に示す図示 Y 方向に磁界が与えられると、フリー磁性層 1 6 の磁化は、図示 X 1 方向から Y 方向に変動し、このときの非磁性導電層 1 5 とフリー磁性層 1 6 との界面、及び非磁性導電層 1 5 と第 2 の固定磁性層 1 4 との界面でスピンに依存した伝導電子の散乱が起こることにより、電気抵抗が変化し、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

## 【0 1 6 7】

ところで前記センス電流は、実際には、第 1 の固定磁性層 1 2 と非磁性中間層 1 3 の界面などにも流れる。前記第 1 の固定磁性層 1 2 は  $\Delta MR$  に直接関与せず、前記第 1 の固定磁性層 1 2 は、 $\Delta MR$  に関与する第 2 の固定磁性層 1 4 を適正な方向に固定するための、いわば補助的な役割を担った層となっている。

このため、センス電流が、第 1 の固定磁性層 1 2 及び非磁性中間層 1 3 に流れることは、シャントロス（電流ロス）になるが、このシャントロスの量は非常に少なく、第 2 の実施形態では、従来とほぼ同程度の  $\Delta MR$  を得ることが可能となっている。

## 【0 1 6 8】

この例のスピバルブ型薄膜磁気素子は、図 1 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子とほぼ同様の製造方法により製造することができる。

即ち、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、基板 K 上に、反強磁性層 1 1、第 1 の固定磁性層 1 2、非磁性中間層 1 3、第 2 の固定磁性層 1 4、非磁性導電層 1 5、フリー磁性層 1 6、バイアス層 1 3 0 を順次積層して積層体を形成したのち、前記積層体にトラック幅 Tw 方向と直交する方向である第 1 の磁界を印加しつつ、第 1 の熱処理温度で熱処理し、前記反強磁性層 1 1 およびバイアス層 1 3 0 に交換異方性磁界を発生させて、前記第 1 の固定磁性層 1 2

および前記フリー磁性層 1 6 の磁化を同一方向に固定すると共に、前記反強磁性層 1 1 の交換異方性磁界を前記バイアス層 1 3 0 の交換異方性磁界よりも大とする。

【0 1 6 9】

ついで、トラック幅  $T_w$  方向に前記バイアス層 1 3 0 の交換異方性磁界よりも大きく前記反強磁性層 1 1 の交換異方性磁界よりも小さい第 2 の磁界を印加しつつ、前記第 1 の熱処理温度よりも高い第 2 の熱処理温度で熱処理し、前記フリー磁性層 1 6 に前記第 1 の固定磁性層 1 2 および第 2 の固定磁性層 1 4 の磁化方向と交差する方向のバイアス磁界を付与する。

【0 1 7 0】

さらに、熱処理された前記積層体をイオンミリングなどにより、前記バイアス層 1 3 0 の一部を除去してトラック幅  $T_w$  に近い幅の凹部 1 3 0 A を形成するとともに、この凹部 1 3 0 A の下に位置する前記フリー磁性層 1 6 にトラック幅  $T_w$  に相当する幅のトラック溝 1 6 A を形成する。

ついで、リフトオフレジストを使用する方法などにより、前記バイアス層 1 3 0 上に、前記フリー磁性層 1 6 に検出電流を与える導電層 1 3 1 を形成し、スピバルブ型薄膜磁気素子が得られる。

【0 1 7 1】

このようなスピバルブ型薄膜磁気素子では、前記フリー磁性層 1 6 は、前記固定磁性層が配置されている方向と反対側の面に（もしくは、前記基板 K と反対側の面に）トラック幅  $T_w$  に相当する幅のトラック溝 1 6 A が設けられた溝部 1 6 B を有しているので、この溝部 1 6 B の幅に応じてトラック幅  $T_w$  を正確に決めることができる。

また、このスピバルブ型薄膜磁気素子を製造する場合に、フリー磁性層 1 6 の溝部 1 6 B の両側の平坦部 1 6 C 上に配置されるバイアス層 1 3 0 が、前記溝部 1 6 B に残ることがなく、磁気記録媒体からの微弱な漏れ磁界に対してフリー磁性層 1 6 の磁気モーメントがスムーズに回転する感度の優れたスピバルブ型薄膜磁気素子となる。

【0 1 7 2】

また、このスピバルブ型薄膜磁気素子においても、反強磁性層 11 およびバイアス層 130 が、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と Mn とを含む合金からなるものであるので、交換異方性磁界の温度特性が良好となり、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子となる。

また、ハードディスクなどの装置内の環境温度や素子を流れるセンス電流によるジュール熱により素子が高温となる薄膜磁気ヘッドなどの装置に備えられた場合の耐久性が良好で、温度変化による交換異方性磁界（交換結合磁界）の変動が少ない優れたスピバルブ型薄膜磁気素子とすることができる。

さらにまた、反強磁性層 11 を上記の合金で形成することで、ブロッキング温度が高いものとなり、反強磁性層 11 に大きな交換異方性磁界を発生させることができるため、第 1 の固定磁性層 12 および第 2 の固定磁性層 14 の磁化方向を強固に固定することができる。

#### 【0173】

また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、反強磁性層 11 およびバイアス層 130 に、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と Mn とを含む合金を用い、前記合金の性質を利用して、1 度目の熱処理で第 1 の固定磁性層 12 の磁化方向を固定し、2 度目の熱処理でフリー磁性層 16 の磁化方向を前記第 1 の固定磁性層 12 および第 2 の固定磁性層 14 の磁化方向と交差する方向に揃えるので、第 1 の固定磁性層 12 の磁化方向に悪影響を与えることなく、フリー磁性層 16 の磁化方向を第 1 の固定磁性層 12 および第 2 の固定磁性層 14 の磁化方向と交差する方向に揃えることができ、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。

#### 【0174】

また、基板 K 上に、反強磁性層 11、第 1 の固定磁性層 12、非磁性中間層 13、第 2 の固定磁性層 14、非磁性導電層 15、フリー磁性層 16、バイアス層 130 を順次積層して積層体を形成し、前記積層体を熱処理する方法であるので、前記積層体を形成するに際し、前記基板 K と前記バイアス層 130 との間に形

成される各層の表面を大気に触れさせることがなく、前記各層の表面が大気に触れた場合のように、大気に触れた表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングしてからその上の層を形成する必要がないため、容易に製造することができる。また、再現性が良好な製造方法とすることができる。さらに、前記各層の表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングする必要がないため、再付着物によるコンタミや、表面の結晶状態の乱れによる交換異方性磁界の発生に対する悪影響など、クリーニングすることに起因する不都合が生じない優れた製造方法とすることができる。

## 【0 1 7 5】

さらにまた、前記バイアス層 1 3 0 の一部を除去してトラック幅  $T_w$  に近い幅の凹部 1 3 0 A を形成するとともに、この凹部 1 3 0 A の下に位置する前記フリー磁性層 1 6 にトラック幅  $T_w$  に相当する幅のトラック溝 1 6 A を形成するので、前記バイアス層 1 3 0 の厚みにばらつきがある場合でも、前記トラック溝 1 6 A の底部 1 6 D にバイアス層 1 3 0 が残ることがないため、トラック幅  $T_w$  を精度よく画定でき、高記録密度化に対応可能なスピバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。また、バイアス層 1 3 0 を完全に除去することが簡単であるため、容易に製造することができる。

## 【0 1 7 6】

## 〔第 3 の実施形態〕

図 1 0 は、本発明の第 3 の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子を模式図的に示した横断面図であり、図 1 1 は、図 1 0 に示したスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図である。

この例のスピバルブ型薄膜磁気素子においても、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子と同様に、ハードディスク装置に設けられた浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられて、ハードディスクなどの記録磁界を検出するものである。

なお、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向は、図示 Z 方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向は、Y 方向である。

## 【0 1 7 7】

また、この例のスピンバルブ型薄膜磁気素子も、反強磁性材料からなるバイアス層を用いたエクステンジバイアス方式により、フリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えるものである。

このスピンバルブ型薄膜磁気素子は、固定磁性層のみならず、フリー磁性層も非磁性中間層を介して第 1 のフリー磁性層と第 2 のフリー磁性層の 2 層に分断されている。

#### 【0178】

図 10 および図 11 において、符号 K は、基板を示している。この基板 K の上には、 $Al_2O_3$  などからなる下地絶縁層 200、下部シールド層 163、下部ギャップ層 164、反強磁性層 51 が形成され、さらに、前記反強磁性層 51 の上には、第 1 の固定磁性層 52、非磁性中間層 53、第 2 の固定磁性層 54、非磁性導電層 55、第 1 のフリー磁性層 56、非磁性中間層 59、第 2 のフリー磁性層 60 が順に積層されている。

前記第 2 のフリー磁性層 60 は、図 11 に示すように、前記固定磁性層が配置されている方向と反対側の面に（もしくは、前記基板 K と反対側の面に）トラック幅  $T_w$  と同じ幅のトラック溝 60A が設けられた溝部 16B と、その両側の平坦部 60C、60C とを有している。

前記第 2 のフリー磁性層 60 の平坦部 60C、60C 上には、前記バイアス層 62、62 が設けられ、前記バイアス層 62、62 の上には、導電層 63、63 が形成されている。

#### 【0179】

本発明の第 3 の実施形態のスピンバルブ型薄膜磁気素子においても、前記反強磁性層 51 は、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子と同様に、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と、Mn とを含む合金からなるものであり、磁場中熱処理により第 1 の固定磁性層 52、第 2 の固定磁性層 54 をそれぞれ一定の方向に磁化するものである。

#### 【0180】

第 1 の固定磁性層 52 及び第 2 の固定磁性層 54 は、Co 膜、NiFe 合金、

C o F e 合金、あるいはC o N i F e 合金などで形成されている。

また、非磁性中間層 5 3 は、R u、R h、I r、C r、R e、C uのうち1種あるいは2種以上の合金で形成されていることが好ましい。

#### 【0 1 8 1】

第1の固定磁性層 5 2 は、反強磁性層 5 1 に接して形成され、磁場中アニール（熱処理）を施すことにより、前記第1の固定磁性層 5 2 と反強磁性層 5 1 との界面にて交換結合磁界（交換異方性磁界）が発生し、例えば、図 1 0 および図 1 1 に示すように、前記第1の固定磁性層 2 2 の磁化が、図示 Y 方向に固定される。前記第1の固定磁性層 5 2 の磁化が、図示 Y 方向に固定されると、非磁性中間層 5 3 を介して対向する第2の固定磁性層 5 4 の磁化は、第1の固定磁性層 5 2 の磁化と反平行状態（フェリ状態）で固定される。

#### 【0 1 8 2】

このフェリ状態の安定性を保つためには、大きい交換結合磁界が必要である。この例のスピンバルブ型薄膜磁気素子では、反強磁性層 5 1 として、ブロッキング温度が高く、しかも第1の固定磁性層 5 2 との界面で大きい交換結合磁界（交換異方性磁界）が発生させる上記の合金を使用することで、前記第1の固定磁性層 5 2 及び第2の固定磁性層 5 4 の磁化状態を熱的にも安定して保つことができる。

#### 【0 1 8 3】

また、前記非磁性導電層 5 5 は、C uなどで形成されることが好ましい。

#### 【0 1 8 4】

また、前記第1のフリー磁性層 5 6 は、図 1 0 および図 1 1 に示すように、2層で形成されており、非磁性導電層 5 5 に接する側にC o膜 5 7 が形成されている。非磁性導電層 5 5 に接する側にC o膜 5 7 を形成するのは、第1に $\Delta M R$ を大きくできるためであり、第2に非磁性導電層 5 5 との拡散を防止するためである。

#### 【0 1 8 5】

前記C o膜 5 7 の上には、N i F e 合金膜 5 8 が形成されている。さらに、前記N i F e 合金膜 5 8 上には、非磁性中間層 5 9 が形成されている。そして、前

記非磁性中間層 5 9 の上には、第 2 のフリー磁性層 6 0 が形成されている。

前記第 2 のフリー磁性層 6 0 は、C o 膜、N i F e 合金、C o F e 合金、あるいは C o N i F e 合金などで形成されている。

【0 1 8 6】

また、第 1 のフリー磁性層 5 6 と第 2 のフリー磁性層 6 0 との間に介在する非磁性中間層 5 9 は、R u、R h、I r、C r、R e、C u のうち 1 種あるいは 2 種以上の合金で形成されていることが好ましい。

【0 1 8 7】

前記第 1 のフリー磁性層 5 6 の磁化と第 2 のフリー磁性層 6 0 の磁化とは、前記第 1 のフリー磁性層 5 6 と第 2 のフリー磁性層 6 0 との間に発生する交換結合磁界（R K K Y 相互作用）によって、図 1 0 および図 1 1 に示すように、互いに反平行状態（フェリ状態）になっている。

【0 1 8 8】

図 1 0 および図 1 1 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子では、例えば、第 1 のフリー磁性層 5 6 の膜厚  $t F_1$  は、第 2 のフリー磁性層 6 0 の膜厚  $t F_2$  よりも小さく形成されている。

そして、前記第 1 のフリー磁性層 5 6 の  $M s \cdot t F_1$  は、第 2 のフリー磁性層 6 0 の  $M s \cdot t F_2$  よりも小さく設定されており、バイアス層 6 2 から図示 X 1 方向と反対方向にバイアス磁界が与えられると、 $M s \cdot t F_2$  の大きい第 2 のフリー磁性層 6 0 の磁化が、前記バイアス磁界の影響を受けて、図示 X 1 方向と反対方向に揃えられ、前記第 2 のフリー磁性層 6 0 との交換結合磁界（R K K Y 相互作用）によって、 $M s \cdot t F_1$  の小さい第 1 のフリー磁性層 5 6 の磁化は、図示 X 1 方向に揃えられる。

【0 1 8 9】

図示 Y 方向から外部磁界が侵入してくると、前記第 1 のフリー磁性層 5 6 と第 2 のフリー磁性層 6 0 の磁化は、フェリ状態を保ちながら、前記外部磁界の影響を受けて回転する。そして、 $\Delta M R$  に奇与する第 1 のフリー磁性層 5 6 の変動磁化と、第 2 の固定磁性層 5 4 の固定磁化（例えば図示 Y 方向と反対方向に磁化されている）との関係によって、電気抵抗が変化し、外部磁界が電気抵抗変化とし



て検出される。

#### 【0190】

また、バイアス層 62、62 は、前記反強磁性層 51 と同様に、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と、Mn とを含む合金からなるものとされる。

また、導電層 62、63 は、Au、W、Cr、Ta などにより形成されることが好ましい。

#### 【0191】

この例のスピンバルブ型薄膜磁気素子も、図 1 に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子とほぼ同様の製造方法により製造することができる。

即ち、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、基板 K 上に、反強磁性層 51、第 1 の固定磁性層 52、非磁性中間層 53、第 2 の固定磁性層 54、非磁性導電層 55、第 1 のフリー磁性層 56、非磁性中間層 59、第 2 のフリー磁性層 60、バイアス層 62 を順次積層して積層体を形成したのち、前記積層体にトラック幅 Tw 方向と直交する方向である第 1 の磁界を印加しつつ、第 1 の熱処理温度で熱処理し、前記反強磁性層 51 およびバイアス層 62 に交換異方性磁界を発生させて、前記第 1 の固定磁性層 52 および前記第 2 のフリー磁性層 60 の磁化を同一方向に固定すると共に、前記反強磁性層 51 の交換異方性磁界を前記バイアス層 62 の交換異方性磁界よりも大とする。

#### 【0192】

ついで、トラック幅 Tw 方向に前記バイアス層 62 の交換異方性磁界よりも大きく前記反強磁性層 51 の交換異方性磁界よりも小さい第 2 の磁界を印加しつつ、前記第 1 の熱処理温度よりも高い第 2 の熱処理温度で熱処理し、前記第 2 のフリー磁性層 60 に前記第 1 の固定磁性層 52 および第 2 の固定磁性層 54 の磁化方向と交差する方向のバイアス磁界を付与する。

#### 【0193】

さらに、熱処理された前記積層体をイオンミリングなどにより、前記バイアス層 62 の一部を除去してトラック幅 Tw に近い幅の凹部 62A を形成するととも

に、この凹部 6 2 A の下に位置する前記フリー磁性層 6 0 にトラック幅  $T_w$  に相当する幅のトラック溝 6 0 A を形成する。

ついで、リフトオフレジストを使用する方法などにより、前記バイアス層 6 2 上に、導電層 6 3 を形成し、スピバルブ型薄膜磁気素子が得られる。

【0 1 9 4】

このようなスピバルブ型薄膜磁気素子では、前記フリー磁性層 6 0 は、前記固定磁性層が配置されている方向と反対側の面に（もしくは、前記基板 K と反対側の面に）トラック幅  $T_w$  に相当する幅のトラック溝 6 0 A が設けられた溝部 6 0 B を有しているので、この溝部 6 0 B の幅に応じてトラック幅  $T_w$  を正確に決めることができる。

また、このスピバルブ型薄膜磁気素子を製造する場合に、フリー磁性層 6 0 の溝部 6 0 B の両側の平坦部 6 0 C 上に配置されるバイアス層 6 2 が、前記溝部 6 0 B に残ることがなく、磁気記録媒体からの微弱な漏れ磁界に対してフリー磁性層 6 0 の磁気モーメントがスムーズに回転する感度の優れたスピバルブ型薄膜磁気素子となる。

【0 1 9 5】

また、このスピバルブ型薄膜磁気素子においても、反強磁性層 5 1 およびバイアス層 6 2 が、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と Mn とを含む合金からなるものであるので、交換異方性磁界の温度特性が良好となり、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子となる。

また、ハードディスクなどの装置内の環境温度や素子を流れるセンス電流によるジュール熱により素子が高温となる薄膜磁気ヘッドなどの装置に備えられた場合の耐久性が良好で、温度変化による交換異方性磁界（交換結合磁界）の変動が少ない優れたスピバルブ型薄膜磁気素子とすることができる。

さらにまた、反強磁性層 5 1 を上記の合金で形成することで、ブロッキング温度が高いものとなり、反強磁性層 5 1 に大きな交換異方性磁界を発生させることができるため、第 1 の固定磁性層 5 2 および第 2 の固定磁性層 5 4 の磁化方向を強固に固定することができる。

## 【0 1 9 6】

また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、反強磁性層 5 1 およびバイアス層 6 2 に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と Mn とを含む合金を用い、前記合金の性質を利用して、1 度目の熱処理で第 1 の固定磁性層 5 2 の磁化方向を固定し、2 度目の熱処理で第 2 のフリー磁性層 6 0 の磁化方向を前記第 1 の固定磁性層 5 2 および第 2 の固定磁性層 5 4 の磁化方向と交差する方向に揃えるので、第 1 の固定磁性層 5 2 の磁化方向に悪影響を与えることなく、第 1 のフリー磁性層 5 6 および第 2 のフリー磁性層 6 0 の磁化方向を第 1 の固定磁性層 5 2 および第 2 の固定磁性層 5 4 の磁化方向と交差する方向に揃えることができ、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。

## 【0 1 9 7】

また、反強磁性層 5 1、第 1 の固定磁性層 5 2、非磁性中間層 5 3、第 2 の固定磁性層 5 4、非磁性導電層 5 5、第 1 のフリー磁性層 5 6、非磁性中間層 5 9、第 2 のフリー磁性層 6 0、バイアス層 6 2 を順次積層して積層体を形成し、前記積層体を熱処理する方法であるので、前記積層体を形成するに際し、前記基板 K と前記バイアス層 6 2 との間に形成される各層の表面を大気に触れさせることがなく、前記各層の表面が大気に触れた場合のように、大気に触れた表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングしてからその上の層を形成する必要がないため、容易に製造することができる。また、再現性が良好な製造方法とすることができる。さらに、前記各層の表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングする必要がないため、再付着物によるコンタミや、表面の結晶状態の乱れによる交換異方性磁界の発生に対する悪影響など、クリーニングすること起因する不都合が生じない優れた製造方法とすることができる。

## 【0 1 9 8】

さらにまた、前記バイアス層 6 2 の一部を除去してトラック幅 Tw に近い幅の凹部 6 2 A を形成するとともに、この凹部 6 2 A の下に位置する前記フリー磁性層 6 0 にトラック幅 Tw に相当する幅のトラック溝 6 0 A を形成するので、前記バイアス層 6 2 の厚みにばらつきがある場合でも、前記トラック溝 6 0 A の底部

6 0 D にバイアス層 6 2 が残ることがないため、トラック幅  $T_w$  を精度よく画定でき、高記録密度化に対応可能なスピバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。また、バイアス層 6 2 を完全に除去することが簡単であるため、容易に製造することができる。

【0 1 9 9】

[センス電流磁界の作用]

次に、図 8 ～ 図 1 1 に示す第 2 の実施形態および第 3 の実施形態の構造において、センス電流磁界の作用について説明する。

図 8 および図 9 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子では、非磁性導電層 1 5 の下側に第 2 の固定磁性層 1 4 が形成されている。この場合にあっては、第 1 の固定磁性層 1 2 及び第 2 の固定磁性層 1 4 のうち、磁気モーメントの大きい方の固定磁性層の磁化方向に、センス電流磁界の方向を合わせる。

【0 2 0 0】

図 8 に示すように、前記第 2 の固定磁性層 1 4 の磁気モーメントは、第 1 の固定磁性層 1 2 の磁気モーメントに比べて大きく、前記第 2 の固定磁性層 1 4 の磁気モーメントは、図示 Y 方向と反対方向（図示左方向）に向いている。このため前記第 1 の固定磁性層 1 2 の磁気モーメントと第 2 の固定磁性層 1 4 の磁気モーメントとを足し合わせた合成磁気モーメントは、図示 Y 方向と反対方向（図示左方向）に向いている。

【0 2 0 1】

前述のように、非磁性導電層 1 5 は、第 2 の固定磁性層 1 4 及び第 1 の固定磁性層 1 2 の上側に形成されている。このため、主に前記非磁性導電層 1 5 を中心にして流れるセンス電流 1 1 2 によって形成されるセンス電流磁界は、前記非磁性導電層 1 5 よりも下側において、図示左方向に向くように、前記センス電流 1 1 2 の流す方向を制御すればよい。このようにすれば、第 1 の固定磁性層 1 2 と第 2 の固定磁性層 1 4 との合成磁気モーメントの方向と、前記センス電流磁界の方向とが一致する。

【0 2 0 2】

図 8 に示すように、前記センス電流 1 1 2 は、図示 X 1 方向に流される。右ネ

ジの法則により、センス電流を流すことによって形成されるセンス電流磁界は、紙面に対して右回りに形成される。従って、非磁性導電層 1 5 よりも下側の層には、図示方向（図示 Y 方向と反対方向）のセンス電流磁界が印加されることになり、このセンス電流によって、第 1 の合成磁気モーメントを補強する方向に作用し、第 1 の固定磁性層 1 2 と第 2 の固定磁性層 1 4 間に作用する交換結合磁界（R K K Y 相互作用）が増幅され、前記第 1 の固定磁性層 1 2 の磁化と第 2 の固定磁性層 1 4 の磁化の反平行状態をより熱的に安定させることが可能になる。

#### 【0 2 0 3】

特に、センス電流を 1 m A 流すと、約 3 0 ( O e ) 程度のセンス電流磁界が発生し、また素子温度が約 1 0 ° C 程度上昇することが判っている。さらに、記録媒体の回転数は、1 0 0 0 0 r p m 程度まで速くなり、この回転数の上昇により、装置内温度は、最高で約 1 0 0 ° C まで上昇する。このため、例えば、センス電流を 1 0 m A 流した場合、スピバルブ型薄膜磁気素子の素子温度は、約 2 0 0 ° C 程度まで上昇し、さらにセンス電流磁界も 3 0 0 ( O e ) と大きくなる。

このような、非常に高い環境温度下で、しかも、大きなセンス電流が流れる場合にあっては、第 1 の固定磁性層 1 2 の磁気モーメントと第 2 の固定磁性層 1 4 とを足し合わせて求めることができる合成磁気モーメントの方向と、センス電流磁界の方向とが逆向きであると、第 1 の固定磁性層 1 2 の磁化と第 2 の固定磁性層 1 4 の磁化との反平行状態が壊れ易くなる。

また、高い環境温度下でも耐え得るようにするには、センス電流磁界の方向の調節の他に、高いブロッキング温度を有する反強磁性材料を反強磁性層 1 1 として使用する必要がある。そのため、本発明では、ブロッキング温度が高い上記の合金を使用している。

#### 【0 2 0 4】

なお、図 8 に示す第 1 の固定磁性層 1 2 の磁気モーメントと第 2 の固定磁性層 1 4 の磁気モーメントとで形成される合成磁気モーメントが、図示右方向（図示 Y 方向）に向いている場合には、センス電流を図示 X 1 方向と反対方向に流し、センス電流磁界が紙面に対し左回りに形成されるようにすればよい。

#### 【0 2 0 5】

また、図 1 0 及び図 1 1 は、フリー磁性層が非磁性中間層を介して第 1 のフリー磁性層と第 2 のフリー磁性層の 2 層に分断されて形成されたスピバルブ型薄膜磁気素子の実施例であるが、図 1 0 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子のように、非磁性導電層 5 5 よりも下側に第 1 の固定磁性層 5 2 及び第 2 の固定磁性層 5 4 が形成された場合にあっては、図 8 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子の場合と同様のセンス電流方向の制御を行えばよい。

#### 【0 2 0 6】

以上のように、上述の各実施の形態によれば、センス電流を流すことによって形成されるセンス電流磁界の方向と、第 1 の固定磁性層の磁気モーメントと第 2 の固定磁性層の磁気モーメントを足し合わせることによって求めることができる合成磁気モーメントの方向とを一致させることにより、前記第 1 の固定磁性層と第 2 の固定磁性層間に作用する交換結合磁界（R K K Y 相互作用）を増幅させ、前記第 1 の固定磁性層の磁化と第 2 の固定磁性層の磁化の反平行状態（フェリ状態）を熱的に安定した状態に保つことが可能である。

特に、本実施の形態では、より熱的安定性を向上させるために、反強磁性層にブロッキング温度の高い反強磁性材料を使用しており、これによって、環境温度が、従来に比べて大幅に上昇しても、前記第 1 の固定磁性層の磁化と第 2 の固定磁性層の磁化の反平行状態（フェリ状態）を壊れ難くすることができる。

#### 【0 2 0 7】

また、高記録密度化に対応するためにセンス電流量を大きくして再生出力を大きくしようとする、それに従ってセンス電流磁界も大きくなるが、本発明の実施の形態では、前記センス電流磁界が、第 1 の固定磁性層と第 2 の固定磁性層の間に働く交換結合磁界を増幅させる作用をもたらしている、センス電流磁界の増大により、第 1 の固定磁性層と第 2 の固定磁性層の磁化状態は、より安定したものとなる。

なお、このセンス電流方向の制御は、反強磁性層にどのような反強磁性材料を使用した場合であっても適用でき、例えば、反強磁性層と固定磁性層（第 1 の固定磁性層）との界面で交換結合磁界（交換異方性磁界）を発生させるために、熱処理が必要であるか、あるいは必要でないかを問わない。

さらに、図 1 に示す第 1 の実施の形態のように、固定磁性層が単層で形成されているシングルスピバルブ型薄膜磁気素子の場合であっても、前述したセンス電流を流すことによって形成されるセンス電流磁界の方向と、固定磁性層の磁化方向とを一致させることにより、前記固定磁性層の磁化を熱的に安定化させることが可能である。

【0 2 0 8】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子では、前記フリー磁性層は、前記基板と反対側の面にトラック幅に相当する幅のトラック溝が設けられた溝部を有しているので、この溝部の幅に応じてトラック幅を正確に決めることができる。

また、このスピバルブ型薄膜磁気素子を製造する場合に、フリー磁性層の溝部の両側の平坦部上に配置されるバイアス層が、前記溝部に残ることがなく、磁気記録媒体からの微弱な漏れ磁界に対してフリー磁性層の磁気モーメントがスムーズに回転する感度の優れたスピバルブ型薄膜磁気素子となる。

【0 2 0 9】

また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層およびバイアス層が、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素とMnとを含む合金からなるものであるので、交換異方性磁界の温度特性が良好となり、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子とすることができる。

また、装置内の環境温度や通電時のジュール熱の発生により素子の温度が高温となる薄膜磁気ヘッドなどの装置に備えられた場合の耐久性が良好で、温度変化による交換異方性磁界（交換結合磁界）の変動が少ない優れたスピバルブ型薄膜磁気素子とすることができる。

さらにまた、反強磁性層を上記の合金で形成することで、ブロッキング温度が高いものとなり、反強磁性層に大きな交換異方性磁界を発生させることができるため、固定磁性層の磁化方向を強固に固定することが可能なスピバルブ型薄膜磁気素子とすることができる。

## 【0 2 1 0】

また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、前記固定磁性層と前記フリー磁性層の少なくとも一方が、非磁性中間層を介して2つに分断され、分断された層どうしで磁化の向きが180度異なるフェリ磁性状態とされたことを特徴とするものとしてもよい。

少なくとも固定磁性層が非磁性中間層を介して2つに分断されたスピバルブ型薄膜磁気素子とした場合、2つに分断された固定磁性層のうち一方が他方の固定磁性層を適正な方向に固定する役割を担い、固定磁性層の状態を非常に安定した状態に保つことが可能となる。

一方、少なくともフリー磁性層が非磁性中間層を介して2つに分断されスピバルブ型薄膜磁気素子とした場合、2つに分断されたフリー磁性層どうしの間に交換結合磁界が発生し、フェリ磁性状態とされ、外部磁界に対して感度よく反転できるものとなる。

## 【0 2 1 1】

さらに、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、反強磁性層およびバイアス層に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Kr、Xeのうちの少なくとも1種または2種以上の元素とMnとを含む合金を用い、前記合金の性質を利用して、1度目の熱処理で固定磁性層の磁化方向を固定し、2度目の熱処理でフリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交差する方向に揃えるので、固定磁性層の磁化方向に悪影響を与えることなく、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交差する方向に揃えることができ、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。

## 【0 2 1 2】

また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、基板上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層、バイアス層を順次積層して積層体を形成し、前記積層体を熱処理する方法であるので、前記積層体を形成するに際し、前記基板と前記バイアス層との間に形成される各層の表面を大気に触れさせることがなく、前記各層の表面が大気に触れた場合のように、大気に触れた表



面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングしてからその上の層を形成する必要がないため、容易に製造することができる。また、再現性が良好な製造方法とすることができる。さらに、前記各層の表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングする必要がないため、再付着物によるコンタミや、表面の結晶状態の乱れによる交換異方性磁界の発生に対する悪影響など、クリーニングすることに起因する不都合が生じない優れた製造方法とすることができる。

【0 2 1 3】

また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、前記バイアス層の一部を除去してトラック幅に近い幅の凹部を形成するとともに、この凹部の下に位置する前記フリー磁性層にトラック幅に相当する幅のトラック溝を形成するので、前記バイアス層の厚みにばらつきがある場合でも、前記トラック溝の底部にバイアス層が残ることがないため、トラック幅を精度よく画定でき、高記録密度化に対応可能なスピバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。また、バイアス層を完全に除去することが簡単であるため、容易に製造することができる。

【0 2 1 4】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、スライダに上記のスピバルブ型薄膜磁気素子が備えられてなるものであるもので、耐久性および耐熱性に優れ、十分な交換異方性磁界が得られる薄膜磁気ヘッドとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示す断面図である。

【図 2】 図 1 に示したスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、基板上に積層体を形成した状況を示す断面図である。

【図 3】 図 1 に示したスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、マスクを形成した状況を示す断面図である。

【図 4】 図 1 に示したスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、トラック溝を形成した状況を示す断面図である。

【図 5】 図 1 に示したスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、導電層を形成した状況を示す断面図である。

【図 6】 本発明の第 1 の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を備えた薄膜磁気ヘッドを示す斜視図である。

【図 7】 本発明の第 1 の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を備えた薄膜磁気ヘッドの要部を示す断面図である。

【図 8】 本発明の第 2 の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を示す断面図である。

【図 9】 図 8 に示したスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図である。

【図 10】 本発明の第 3 の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を示す断面図である。

【図 11】 図 10 に示したスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図である。

【図 12】 従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の一例を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示す断面図である。

【図 13】 従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の他の例を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示す断面図である。

【図 14】 図 13 に示したスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、基板上に積層体を形成した状況を示す断面図である。

【図 15】 図 13 に示したスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、リフトオフレジストを形成した状況を示す断面図である。

【図 16】 図 13 に示したスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、バイアス層および導電層を形成した状況を示す断面図である。

【図 17】  $Pt_{55.4}Mn_{44.6}$ 合金及び  $Pt_{54.4}Mn_{45.6}$ 合金の交換異方性磁界の熱処理温度依存性を示すグラフである。

【図 18】  $Pt_mMn_{100-m}$ 合金の交換異方性磁界の  $Pt$  濃度 ( $m$ ) 依存性を示すグラフである。

【図 19】 図 17 および図 18 に示すグラフのデータの測定に用いられた

スピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示す断面図である。

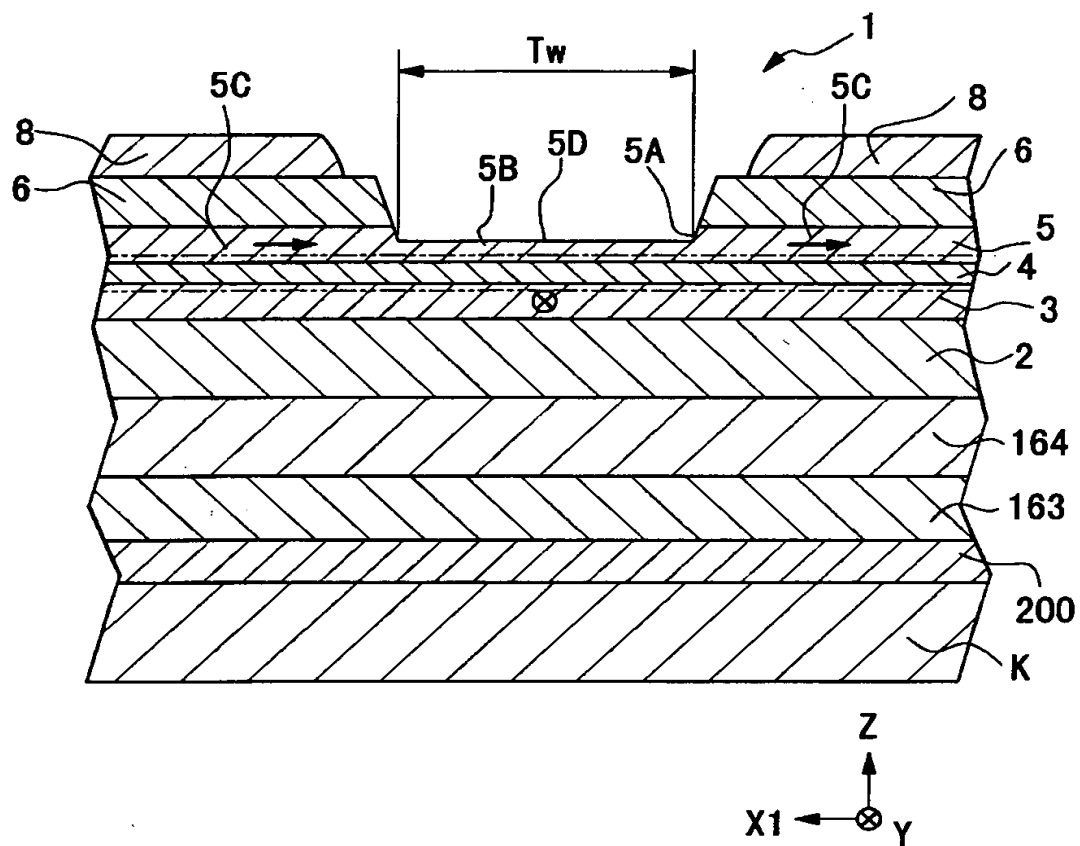
【図 2 0】 図 1 7 および図 1 8 に示すグラフのデータの測定に用いられたスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示す断面図である。

【符号の説明】

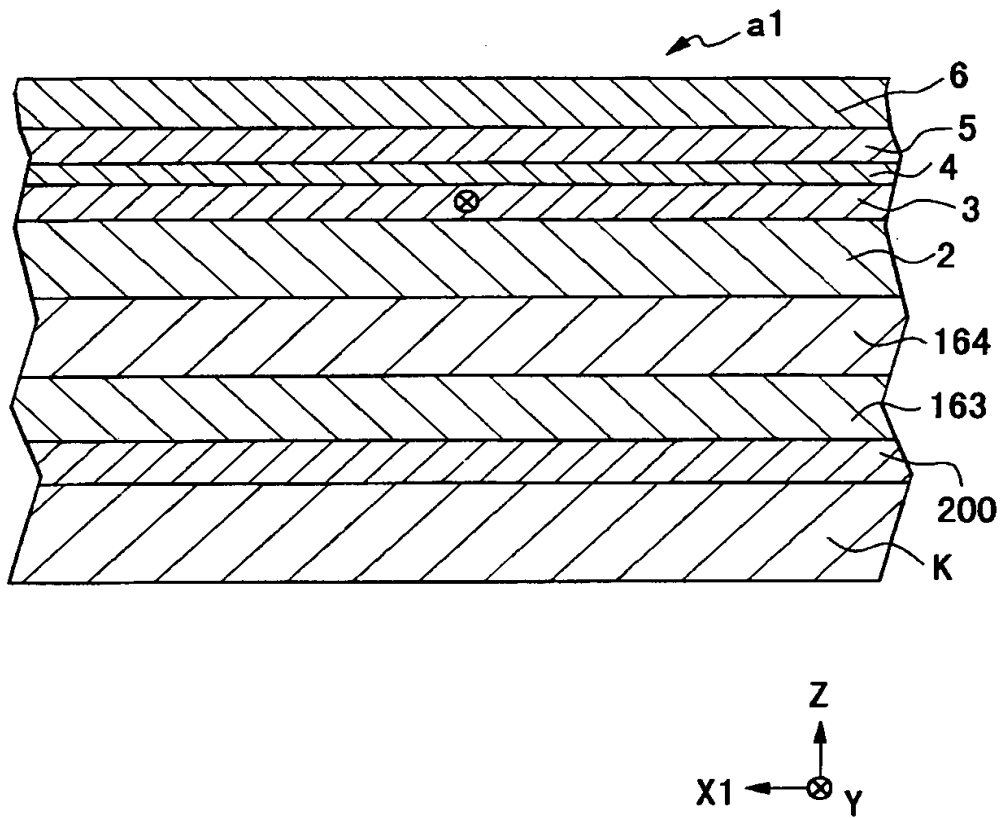
- 1 スピバルブ型薄膜磁気素子
- K 基板
- 2、1 1、2 2、5 1 反強磁性層
- 3、2 3 固定磁性層
- 4、1 5、2 4、5 5 非磁性導電層
- 5、1 6、2 5 フリー磁性層
- 6、2 6、6 2、1 3 0 バイアス層
- 8、2 8、6 3、1 3 1 導電層
- T w トラック幅
- 5 A、1 6 A、6 0 A トラック溝
- 5 B、1 6 B、6 0 B 溝部
- 5 C、1 6 C、6 0 C 平坦部
- a 1 積層体
- 1 2、5 2 第 1 の固定磁性層
- 1 4、5 4 第 2 の固定磁性層
- 1 3、5 3 非磁性中間層
- 5 6 第 1 のフリー磁性層
- 6 0 第 2 のフリー磁性層
- 1 5 0 薄膜磁気ヘッド
- 6 A、6 2 A、1 3 0 A 凹部

【書類名】 図面

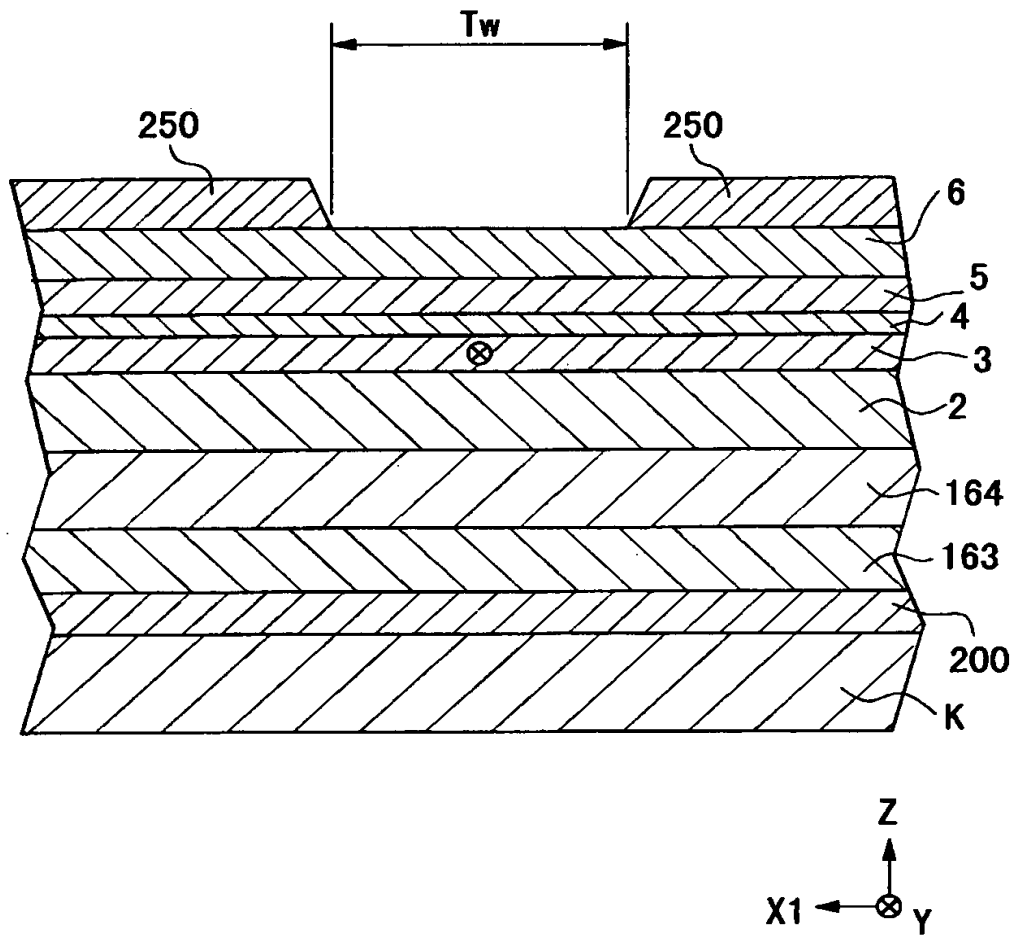
【図 1】



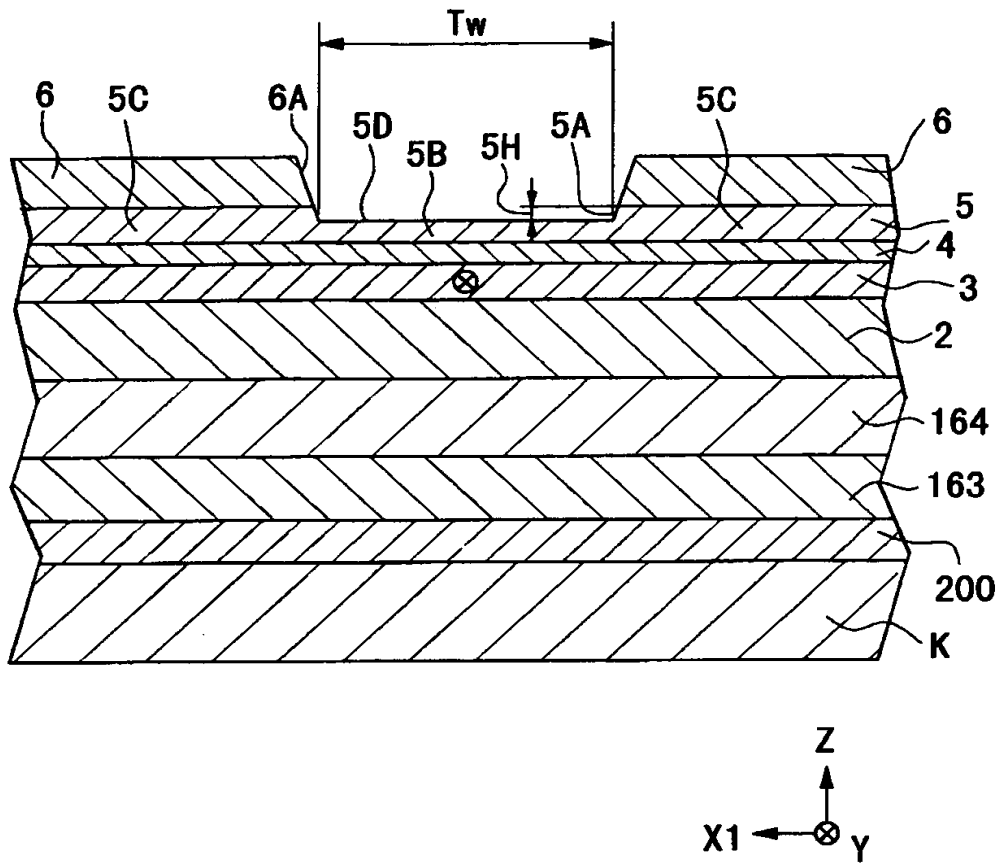
【図 2】



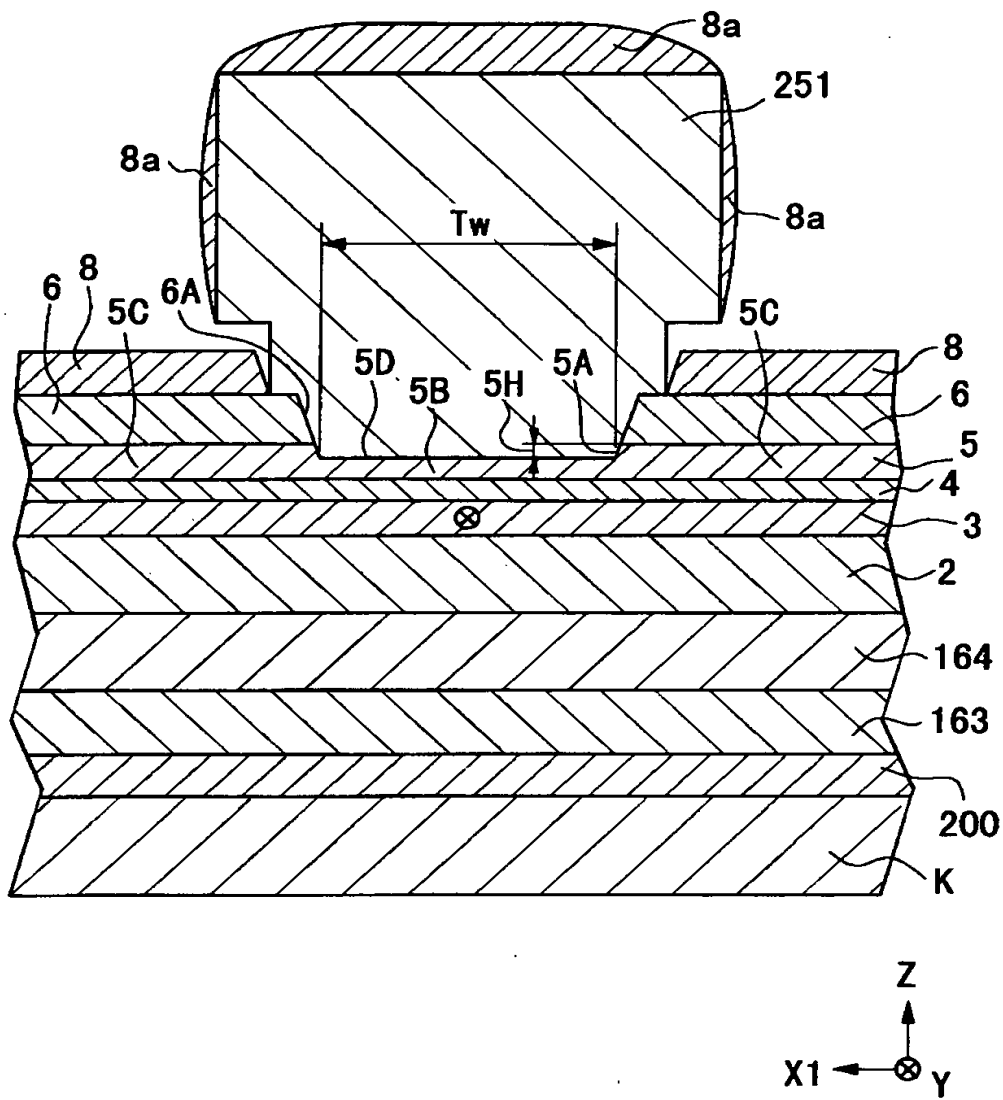
【図 3】



【図 4】

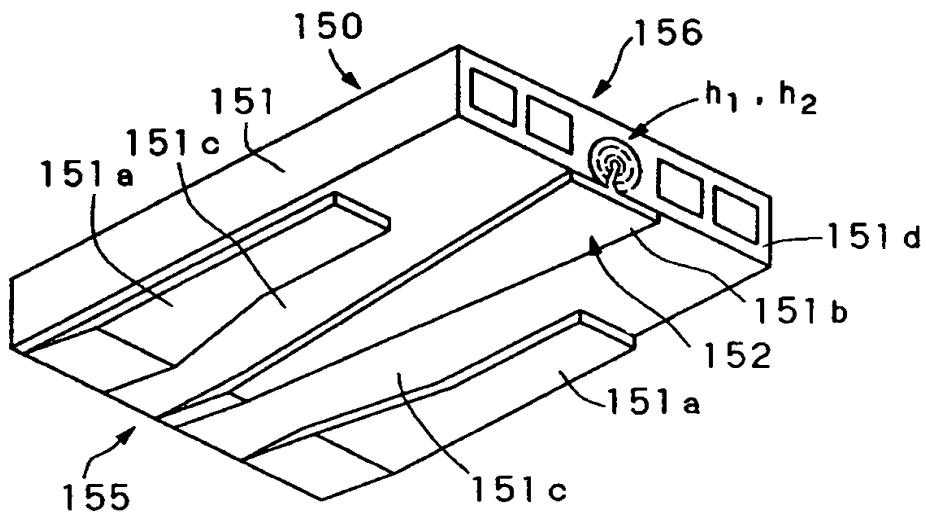


【図 5】

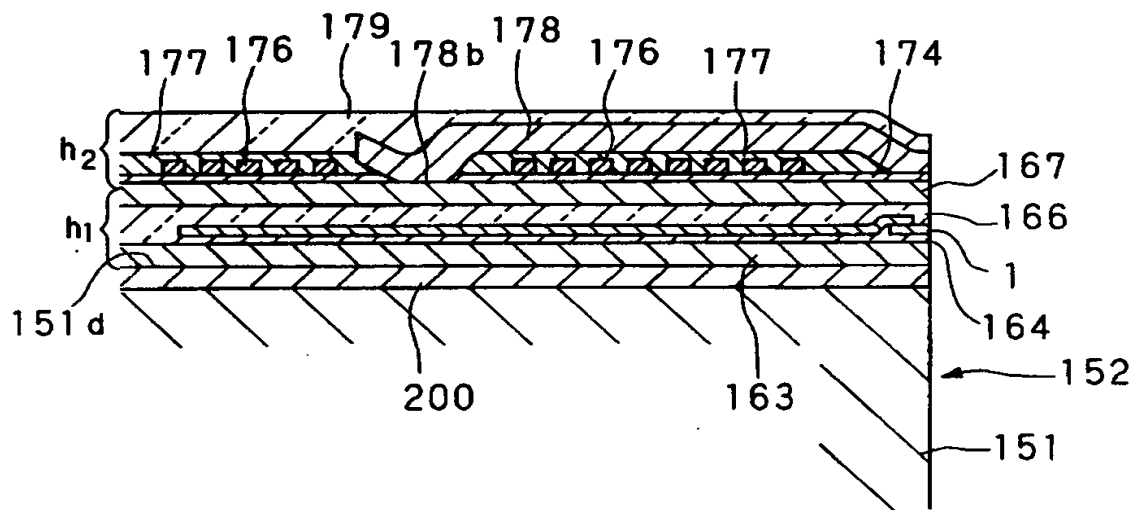




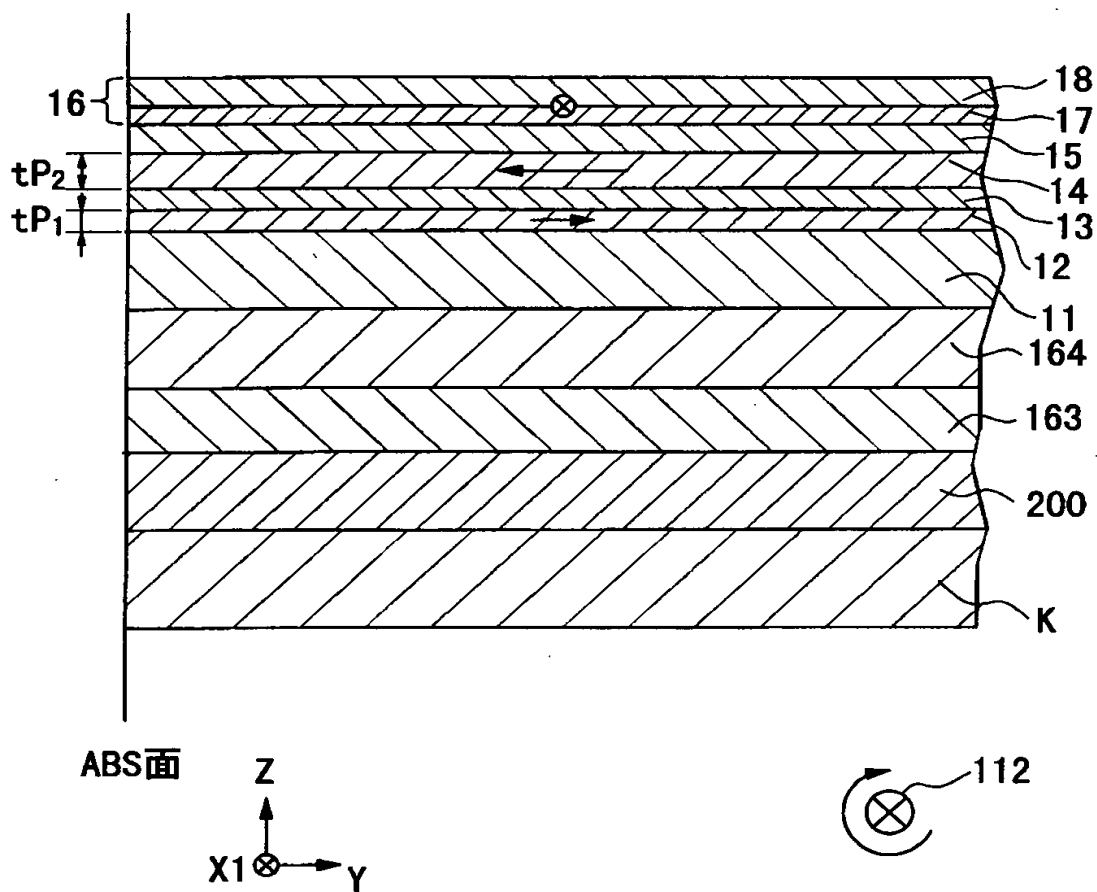
【図 6】



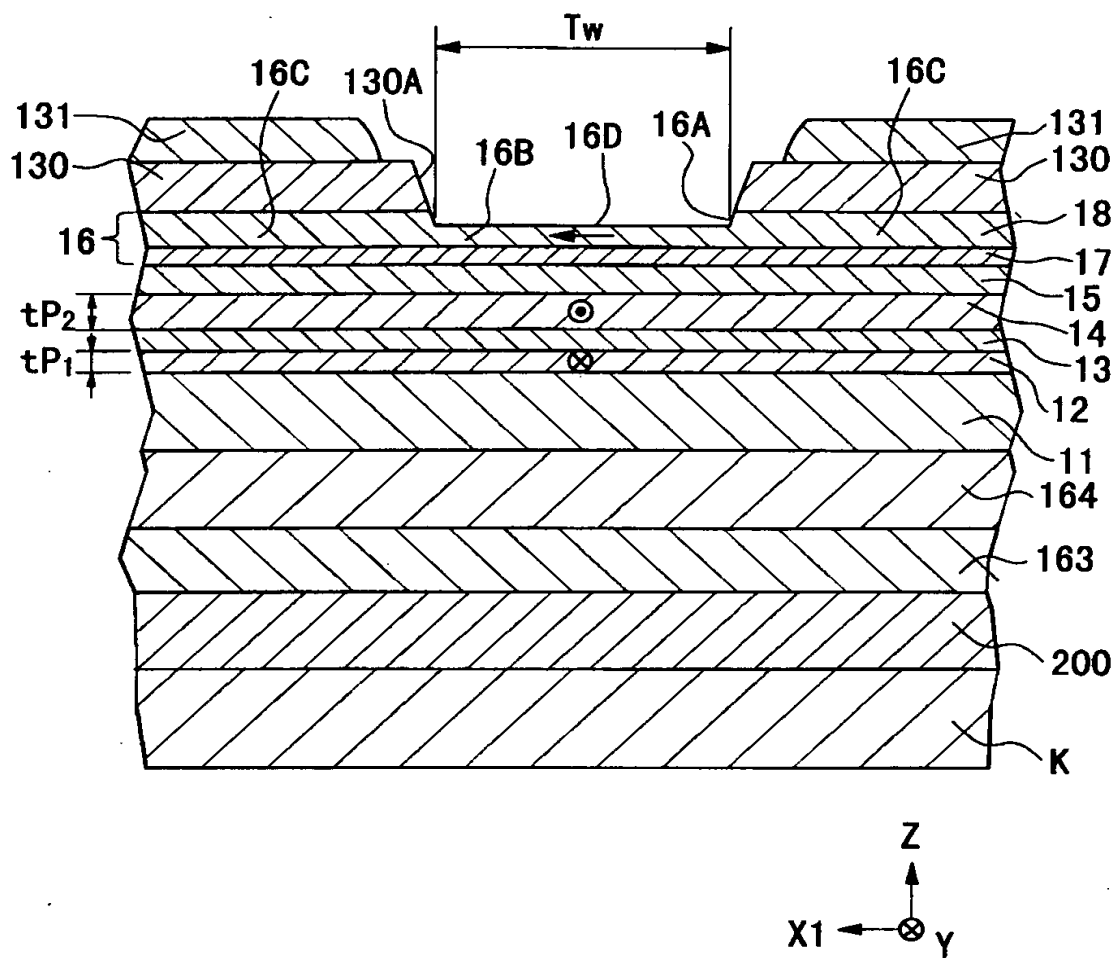
【図 7】



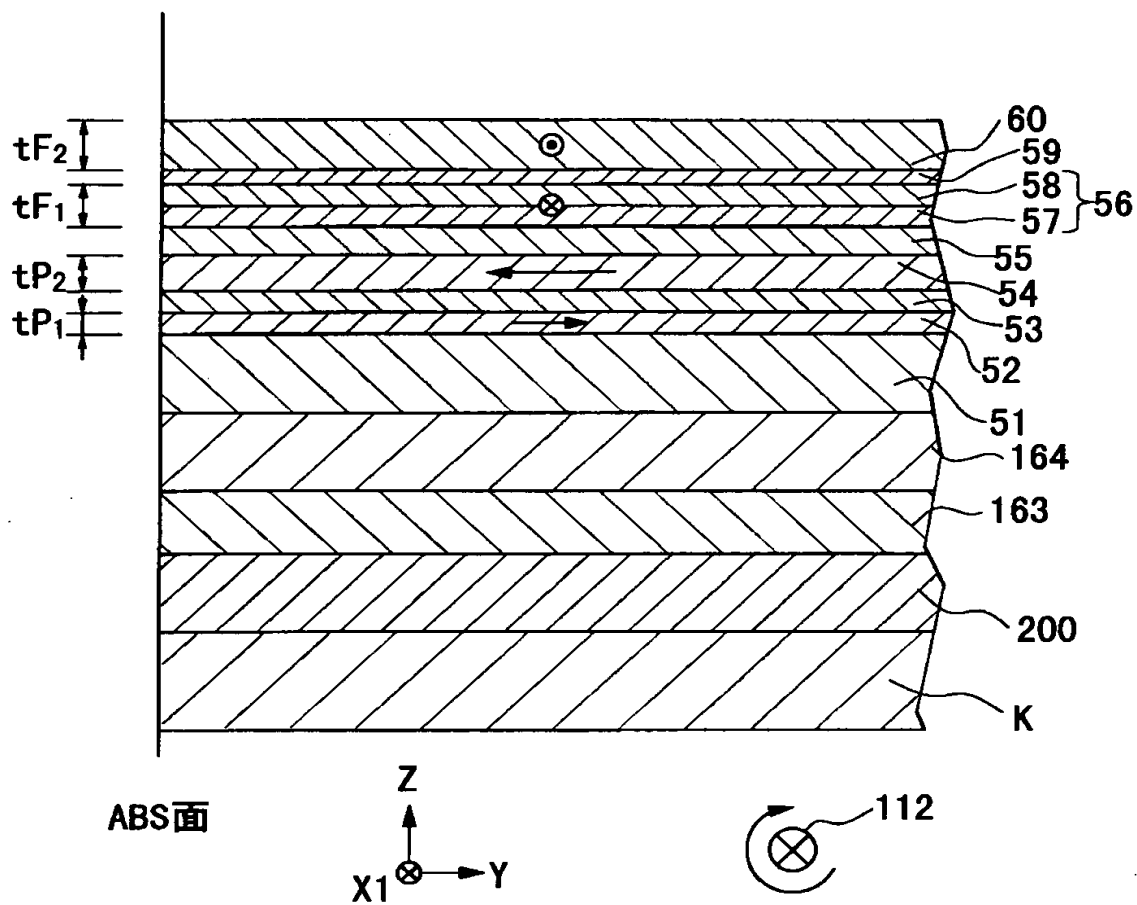
【図 8】



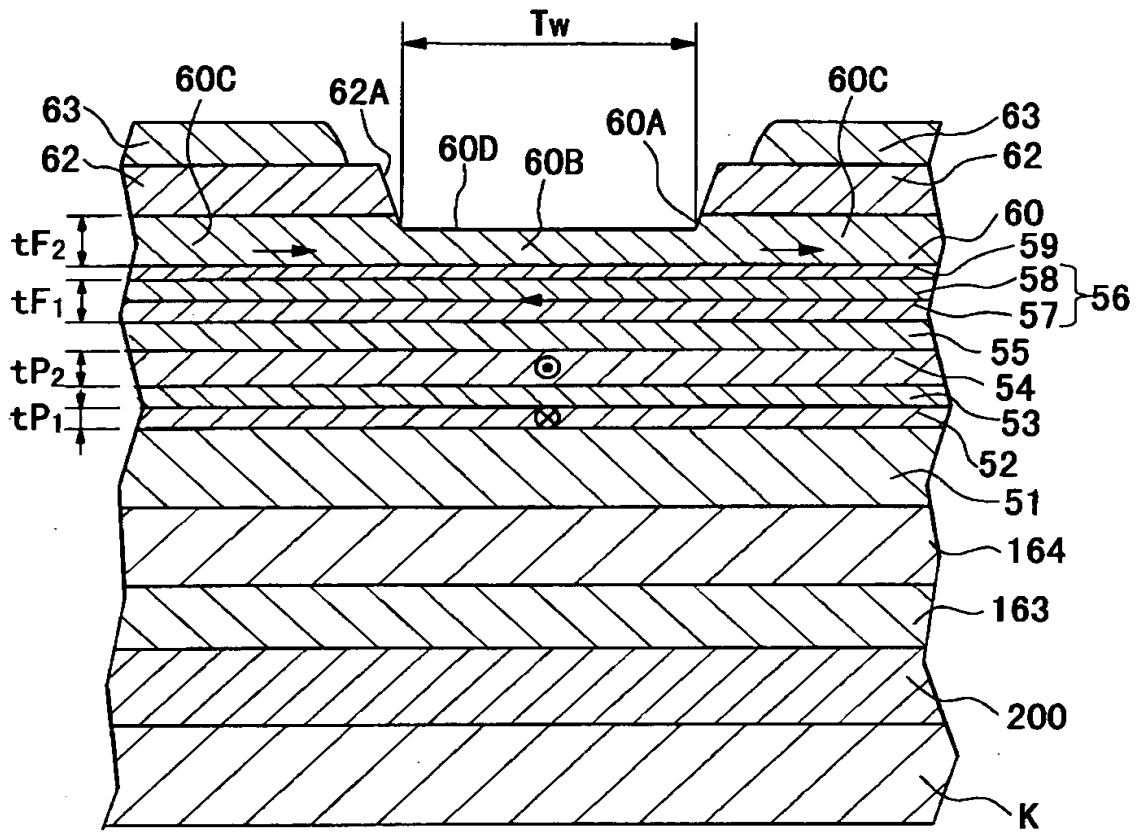
【図 9】



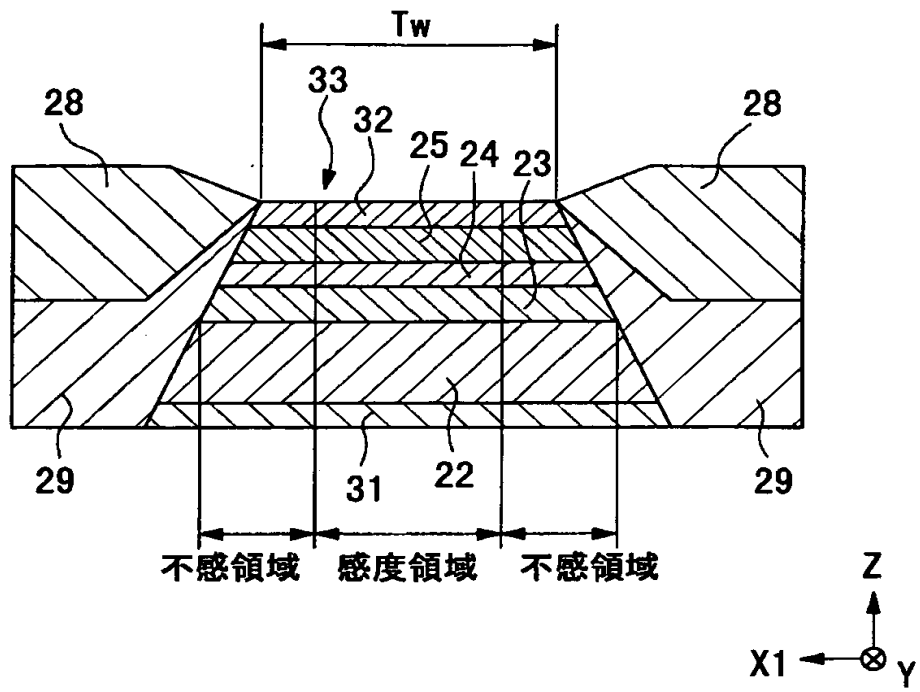
【図 1 0】



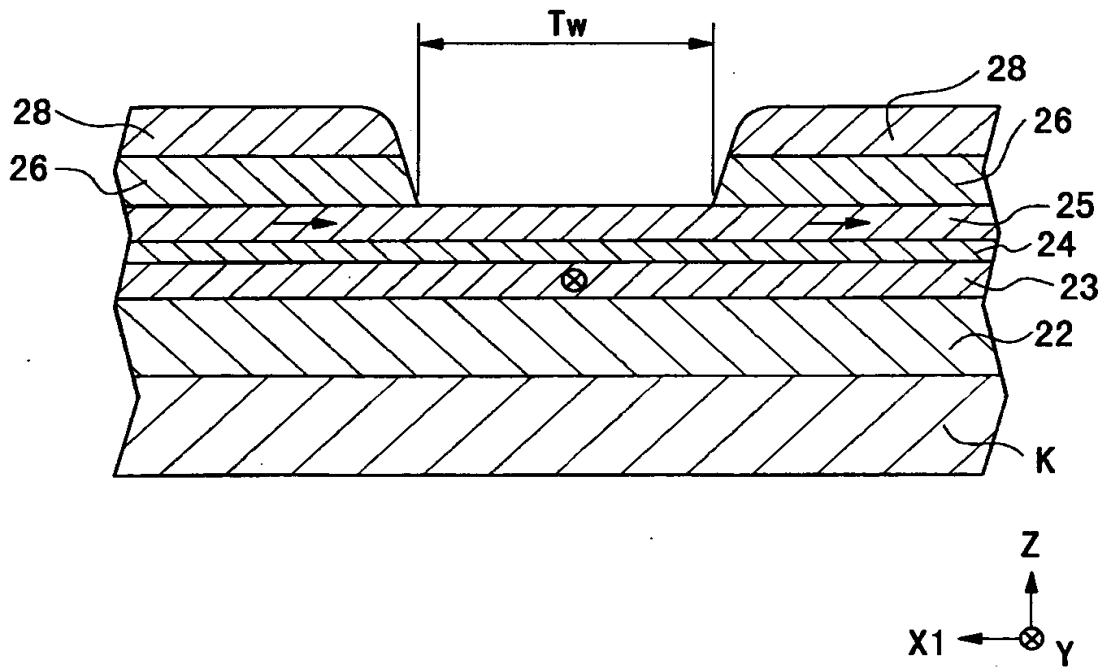
【図 1 1】



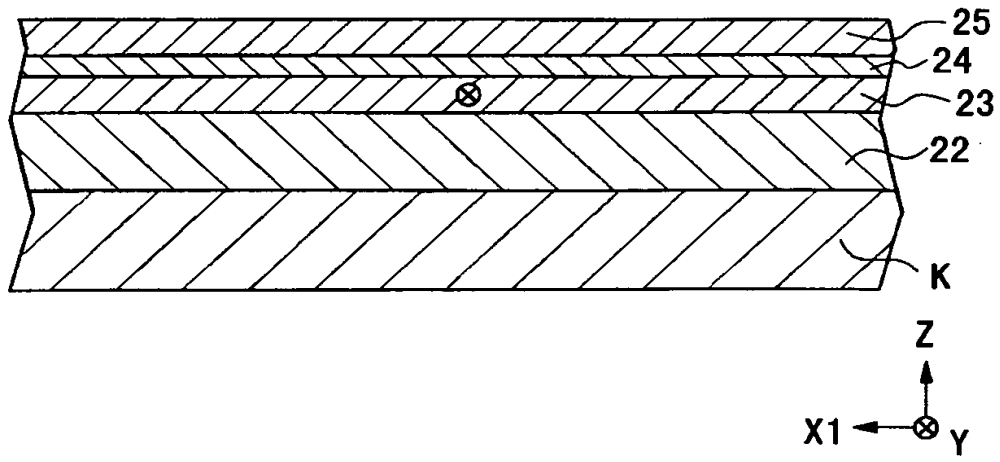
【図 1 2】



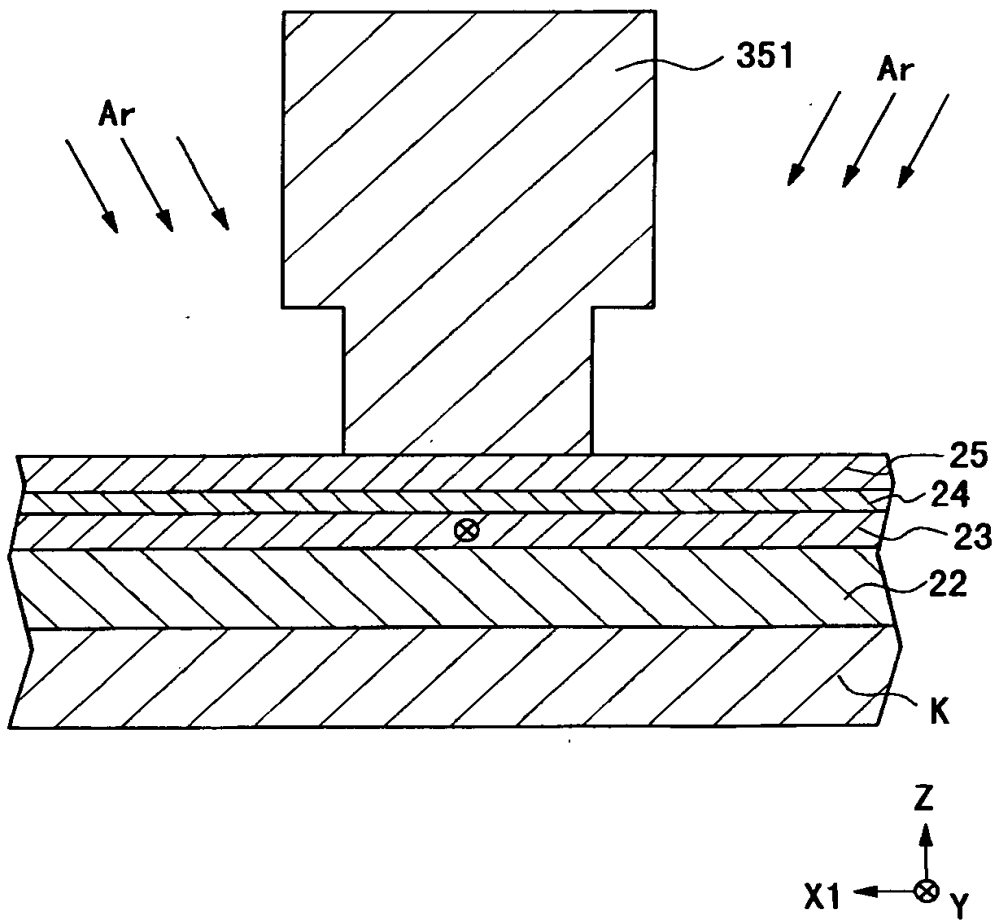
【図 1 3】



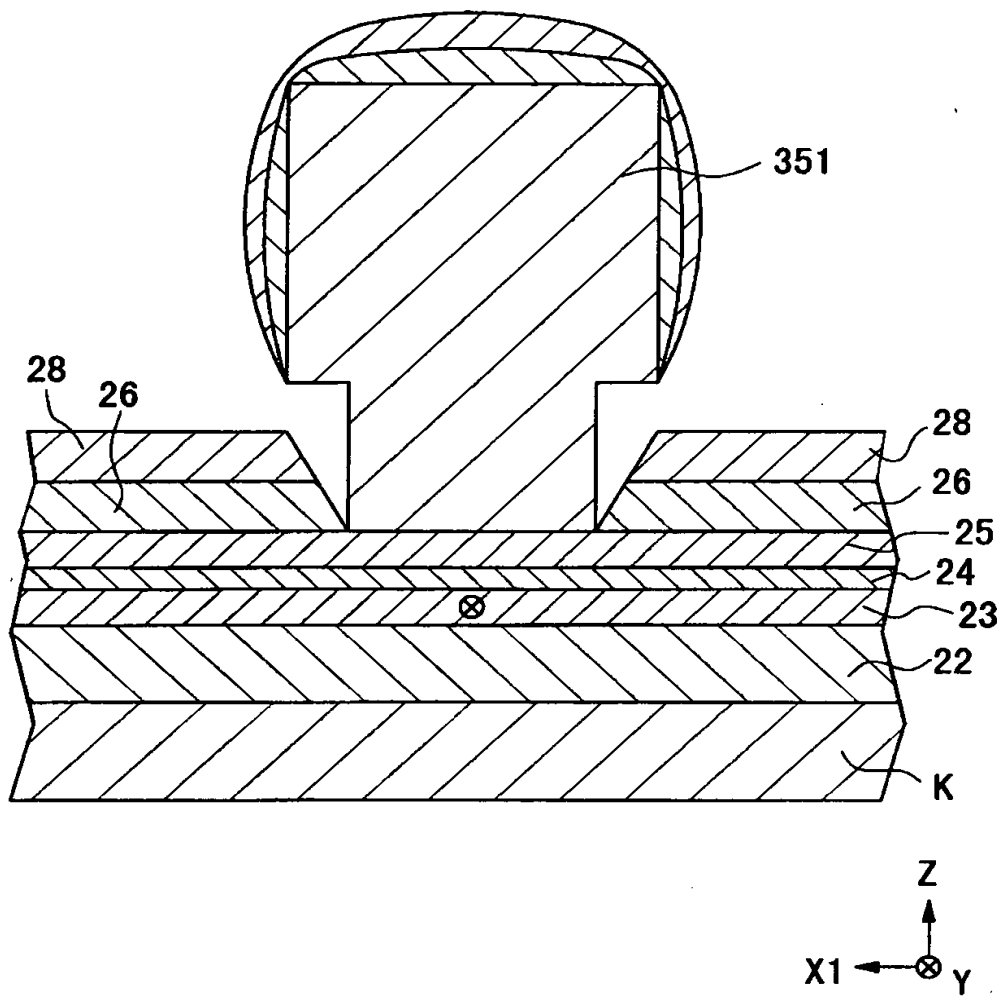
【図 1 4】



【図 1 5】

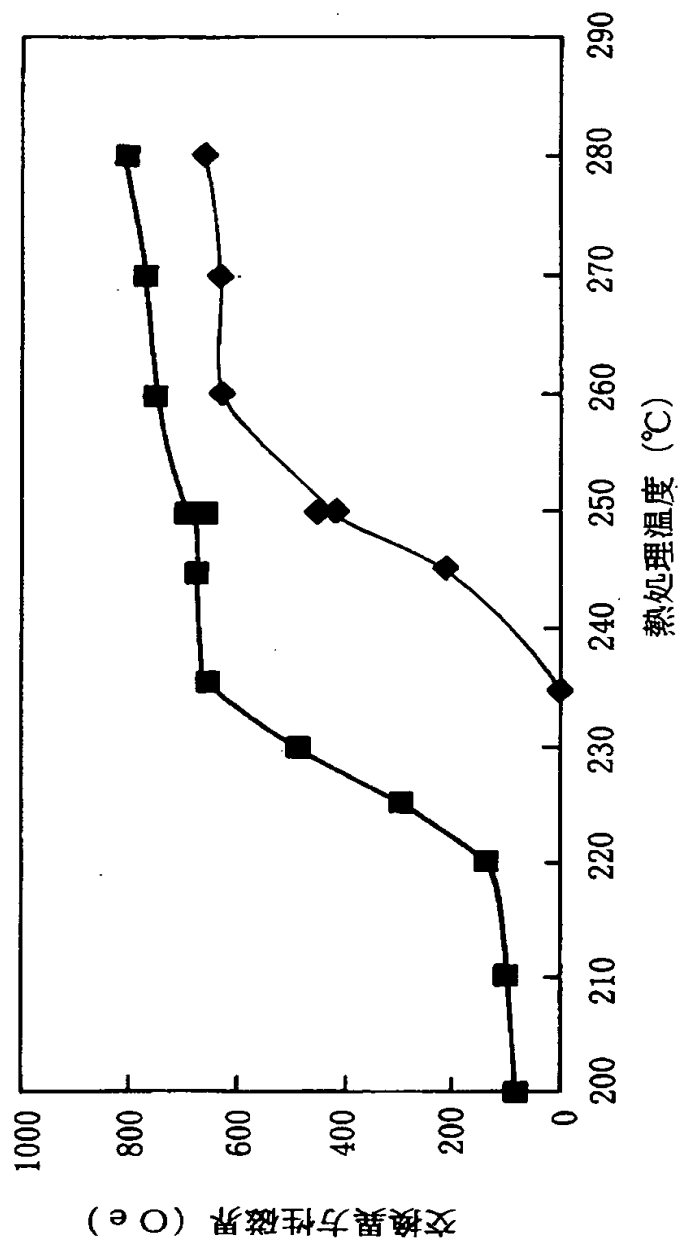


【図 1 6】

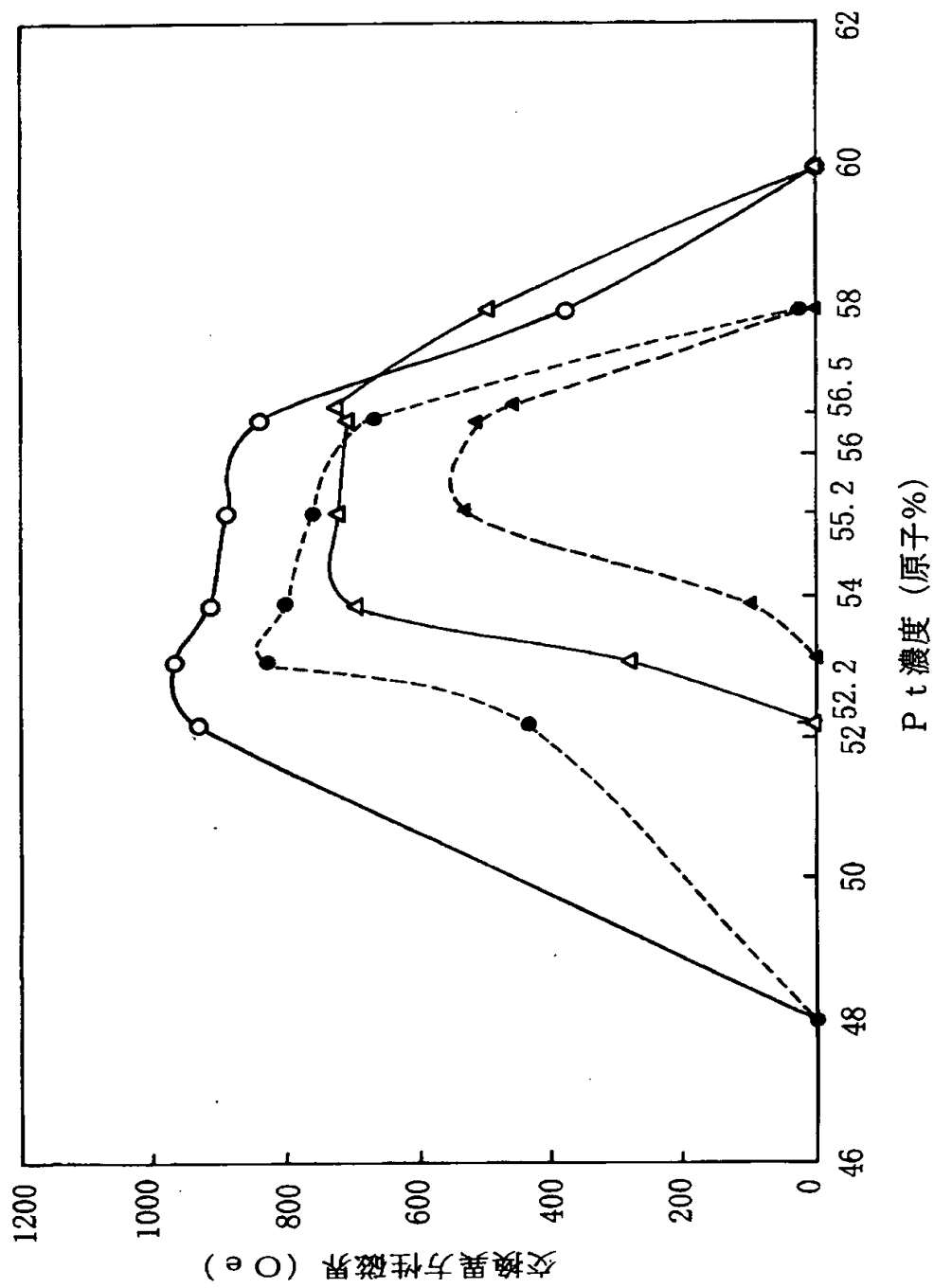




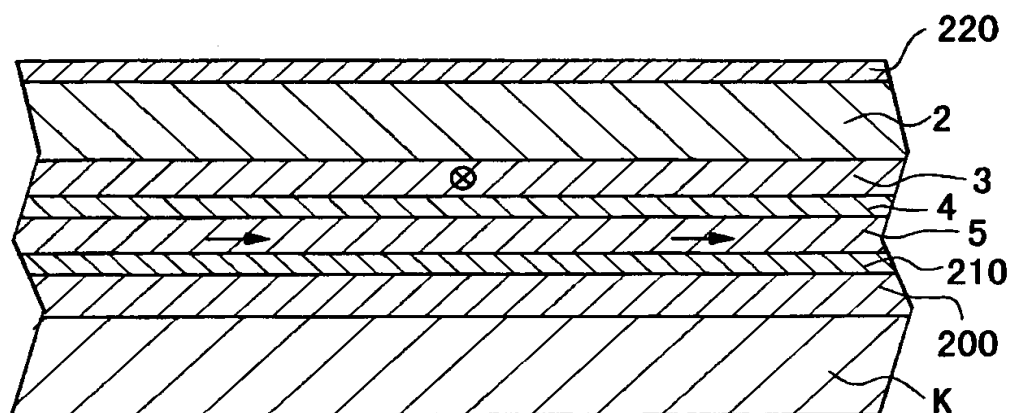
【図 1 7】



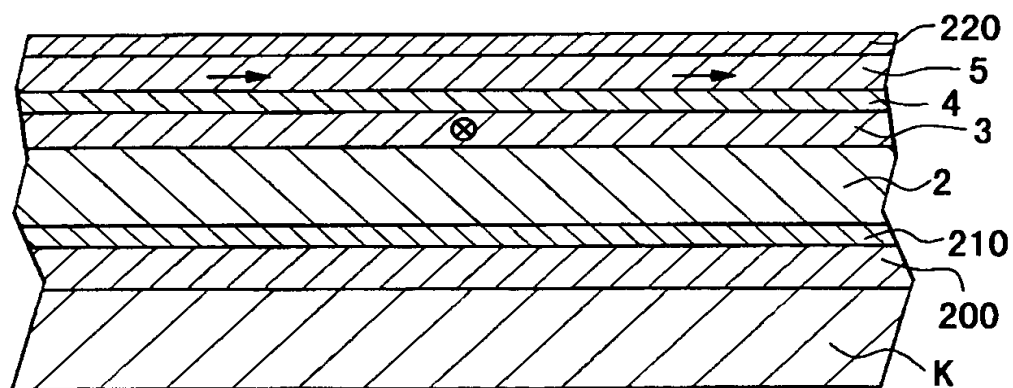
【図 1 8】



【図 1 9】



【図 2 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 スピンバルブ型薄膜磁気素子を製造する場合に、フリー磁性層の溝部の両側の平坦部上に配置されるバイアス層が、前記溝部に残ることがなく、耐熱性に優れたスピンバルブ型薄膜磁気素子を提供すること。

【解決手段】 反強磁性層 2 と、固定磁性層 3 と、非磁性導電層 4 と、フリー磁性層 5 と、バイアス層 6、6 と、導電層 8、8 とを基板 K 上に有し、前記フリー磁性層 5 は、前記基板 K と反対側の面にトラック幅  $T_w$  に相当する幅のトラック溝 5 A が設けられた溝部 5 B と、その両側の平坦部 5 C、5 C とを有し、前記バイアス層 6 は、前記フリー磁性層 5 の両平坦部 5 C、5 C 上に配置されたものとする。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第157132号
受付番号	59900526644
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成11年 6月 7日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000010098
【住所又は居所】	東京都大田区雪谷大塚町1番7号
【氏名又は名称】	アルプス電気株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】	100108578
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】	100089037
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】	100094400
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

次頁有

認定・付加情報（続き）

【氏名又は名称】	鈴木 三義
【選任した代理人】	
【識別番号】	100106493
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	松富 豊
【選任した代理人】	
【識別番号】	100107836
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	西 和哉
【選任した代理人】	
【識別番号】	100108453
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	村山 靖彦
【選任した代理人】	
【識別番号】	100100077
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	大場 充

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000010098]

1. 変更年月日 1990年 8月27日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都大田区雪谷大塚町1番7号  
氏 名 アルプス電気株式会社